



Estudio Metabólico de Caballos Criollos Colombianos (CCC) Suplementados con 1,2,3 Propanotriol

Tesistas

Nicole Dayana Manrique Mora

Ángel Camilo Ávila Guarín

Universidad de Cundinamarca

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Programa: Zootecnia

Fusagasugá

2020

**Estudio Metabólico de Caballos Criollos Colombianos (CCC) Suplementados con 1,2,3
Propanotriol**

Nicole Dayana Manrique Mora – Cod.150215217

Ángel Camilo Ávila Guarín – Cod. 150214104

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Zootecnista

Director:

M.Sc, Jairo Enrique Granados Moreno, *Ph.D* (c)

L. Química

Universidad de Cundinamarca

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Programa: Zootecnia

Fusagasugá

2020

Dedicatoria

Este logro se lo dedico principalmente al ángel más lindo Josefa Montoya, quien me cuidó desde el cielo y fue la mayor inspiración para dar siempre lo mejor de mi.

A mis padres, abuelas, tíos y hermana por el gran apoyo durante todo este proceso.

A Daniela Cubillos, demás compañeros de estudio y profesores quienes alegraron una gran etapa en mi vida y me encaminaron como un gran ser humano.

A Juan Sebastián por su paciencia, aliento y motivación en la elaboración de este proyecto

Y a la clínica equina “EquuSan” por su amor, dedicación y entrega. Por ser mi segunda familia, fortaleciéndome como una gran profesional, siendo el mayor ejemplo a seguir laboral y personalmente

Nicole Dayanna Manrique Mora.

Dedicatoria

*Este trabajo se lo dedico a mi madre, padre, hermanos, a mi profesor Jairo Granados, mi
compañera de trabajo de grado Nicole.*

*A mi compañera Ximena Muñoz, y a todas las personas que hicieron posible la realización del
presente, en especial es dedicado a mi madre que nunca desconfió de mí y fue de gran apoyo,
acompañó este y muchos procesos en mi formación como profesional.*

*Este nuevo logro se los debo a ellos que siempre fueron de gran soporte para un trabajo que al
principio parecía algo imposible, simplemente gracias a todos los llevo en mi corazón.*

Ángel Camilo Ávila Guarín.

Agradecimientos

Agradecemos al autor de la ciencia, la sabiduría y la vida: Dios.

A la Universidad de Cundinamarca por brindarnos la oportunidad de desarrollar este proyecto y por la formación profesional durante estos años.

A los docentes de nuestro programa de zootecnia, que con su dedicación y compromiso nos formaron durante todo este tiempo para ser los mejores profesionales

Al profesor Jairo Granados por ser nuestro mentor, guía, director y un gran docente investigador, pues por medio de su conocimiento nos permitió llevar a cabo este proceso.

A los laboratoristas que fueron de gran ayuda para el desarrollo del proyecto

Al Profesor Jorge Guerrero por el acompañamiento y apoyo incondicional en el trabajo en campo desarrollado.

Y a Samuel Cárdenas, montadores y palafreneros del criadero el chalán del corregimiento Chinauta, por permitirnos realizar nuestro trabajo con los diferentes ejemplares, y ser un gran ejemplo del gremio caballista colombiano

Resumen

El objeto del presente estudio fue analizar el comportamiento fisiológico y metabólico de caballos criollos colombianos destinados a pista de exposición, suplementando oralmente con 1,2,3 propanotriol, el experimento se efectuó en el criadero “El Chalán” ubicado en el corregimiento del municipio de Fusagasugá Cundinamarca. Los equinos seleccionados fueron distribuidos mediante diseño en bloques completamente al azar (DBCA), con sexo como factor de bloqueo y cuatro dosis de 1,2,3-propanotriol suplementados oralmente cinco minutos antes de que el sujeto experimental estuvo expuesto a la actividad física, se trabajaron ocho tratamientos, dos réplicas por tratamiento, un equino por cada réplica, para un total de 16 sujetos experimentales. En campo antes y después de la adición de 1,2,3-propanotriol, se midieron parámetros ambientales: humedad relativa (%) temperatura (°C) y gas carbónico CO₂ (ppm), constantes fisiológicas: frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y temperatura basal, como indicadores del desempeño atlético del animal, posteriormente las muestras sanguíneas recolectadas que fueron obtenidas a través de venopunción a la vena yugular, fueron transportadas al laboratorio de bioquímica de la universidad de Cundinamarca donde se analizaron indicadores de perfil metabólico: Proteína total, glucosa, BUN, pH y Superóxido Dismutasa (SODx); los datos se sometieron al análisis de varianza de dos factores con una y varias muestras por grupo (ANAVA) test de Duncan, prueba de Shapiro Wilks, y prueba de Kruskal Wallis cuando se presentaron diferencias estadísticas, finalmente, las variables se correlacionaron mediante el coeficiente de Pearson y se utilizó paquete Excel (office 365), STATGRAPHICS Centurión (2015) e INFOSTAT versión (2020). No se encontraron diferencias estadísticas en el suministro de 1,2,3 propanotriol en diferentes cantidades y su relación con las condiciones ambientales, y el perfil enzimático y proteico ($P > 0,050$), tratándose de condiciones y

metabolismos individuales. Se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0,010$) en el suministro de 1,2,3 propanotriol en relación con el aumento de frecuencia cardiaca , frecuencia respiratoria, pH y glucosa, siendo los indicadores fisiológicos y de perfil ácido base un proceso normal por el que se somete el sistema metabólico para controlar sus procesos de regulación por el ejercicio al que fueron sometidos, y la glucosa debido a que desarrolló un óptimo rendimiento a nivel de absorción, digestión, y metabolismo rápido para lograr un mayor rendimiento energético celular y muscular para equinos destinados al ejercicio físico.

Palabras clave: Fisiología, glucosa, proteínas, SODx, pH

Metabolic study of Colombian creole horses (CCC) supplemented with 1,2,3 propanetriol

Abstract

The purpose of this study was to analyze the physiological and metabolic behavior of Colombian Creole horses destined for the show arena, orally supplementing with 1,2,3 propanetriol. The experiment was carried out in the “El Chalán” kennel located in the municipality of Fusagasugá Cundinamarca. The selected horses were distributed by means of a completely randomized block design (DBCA), with sex as a blocking factor and four doses of 1,2,3-propanetriol supplemented orally five minutes before the experimental subject was exposed to physical activity. Eight treatments were worked, two replicates per treatment, one horse for each replication, for a total of 16 experimental subjects. In the field before and after the addition of 1,2,3-propanetriol, environmental parameters were measured: relative humidity (%) temperature (° C) and carbon dioxide CO₂ (ppm), physiological constants: heart rate, respiratory rate and temperature. basal, as indicators of the athletic performance of the animal, later the blood samples collected that were obtained through venipuncture to the jugular vein, were transported to the biochemistry laboratory of the University of Cundinamarca where metabolic profile indicators were analyzed: Total protein, glucose , BUN, pH and Superoxide Dismutase (SODx); The data were subjected to the analysis of variance of two factors with one and several samples per group (ANAVA) Duncan's test, Shapiro Wilks test, and Kruskal Wallis test when statistical differences were presented, finally, the variables were correlated using the coefficient of Pearson and the Excel package (office 365), STATGRAPHICS Centurión (2015) and INFOSTAT version (2020) were used. No statistical differences were found in the supply of 1,2,3 propanetriol in different amounts and its relationship with environmental conditions, and the enzymatic and protein profile ($P > 0.050$), in the case of individual conditions and metabolisms. Highly significant

differences ($P < 0.010$) were found in the supply of 1,2,3 propanetriol in relation to the increase in heart rate, respiratory rate, pH and glucose, being the physiological indicators and the acid-base profile a normal process by the that the metabolic system undergoes to control its regulation processes by the exercise to which they were subjected, and glucose due to the fact that it developed optimal performance at the level of absorption, digestion, and rapid metabolism to achieve greater cellular and muscular energy performance for equines intended for physical exercise.

Keywords: Physiology, glucose, protein, SODx, pH

Tabla de Contenido

Listado de tablas.....	13
Listado de figuras.....	15
Listado de anexos.....	17
Abreviaturas.....	18
1. Introducción	19
2. Objetivos.....	21
2.1 Objetivo General.....	21
2.2 Objetivos Específicos	21
3. Planteamiento del Problema.....	22
4. Justificación.....	23
5. Revisión de Literatura.....	24
5.1 Fundamentos de la Actividad Equina en el País.....	24
5.2 Morfología del Caballo Criollo Colombiano.....	25
5.2.1Cabeza	25
5.2.2Cuello.....	26
5.2.3Tronco.....	26
5.2.4Pecho-tórax.....	26
5.2.5Grupa	26
5.2.6Cola.....	26
5.2.7 Extremidades.....	27
5.2.8Corvejones	27
6. Modalidades del Caballo Criollo Colombiano	27
6.1 Trocha.....	28
6.2 Paso Fino Colombiano	28
6.3 Trote.....	28
6.4 Galope.....	28
7. Constantes Fisiológicas del Equino	29
7.1 Frecuencia cardiaca (FC).....	29

7.1.1 Frecuencia cardiaca en potros.....	29
7.1.2 Frecuencia cardiaca en caballos adultos.....	30
7.2 Frecuencia respiratoria (FR).....	30
7.2.1 Frecuencia respiraoria en potros.....	30
7.2.2 Frecuencia respiratoria en caballos adultos.....	31
7.3 Temperatura corporal (T°).....	31
7.3.1 Temperatura corporal en potros.....	31
7.3.2 Temperatura corporal en caballos adultos.....	31
8. Digestión del Equino	32
9. Perfiles Metabólicos del Equino	33
9.1 Perfil energético.....	33
9.1.1Metabolismo de la glucosa.....	34
9.1.1.1Producción de energía (ATP) por la célula muscular del equino.	34
9.1.1.2 Producción de ATP.....	34
9.1.1.2.1 Sistema creatina fosfato ATP.	35
9.1.1.2.2 Sistema anaeróbico láctico (ciclo de cori).	35
9.1.1.2.3 Sistema aeróbico oxidativo.....	37
9.2 Perfil proteico.....	39
9.2.1 Metabolismo de proteínas plasmáticas totales (PPT).	39
9.2.2 Nitrógeno ureico en sangre (BUN).....	39
9.3 Perfil enzimatico.....	40
9.3.1 Superóxido dismutasa SODx.	40
9.4. Perfil ácido-base.....	42
9.4.1 Influencia del ejercicio sobre el pH.....	45
10. Glicerol (1,2,3 propanotriol).	42
10.1 Metabolismo del glicerol.....	44
11. Materiales y métodos.....	46
11.1 Localización del experimento.....	46
11.2 Instalaciones agropecuarias	46
11.3 Unidades experimentales	¡Error! Marcador no definido.48
11.4 Tratamientos	48

11.5 Variables evaluadas	¡Error! Marcador no definido.49
11.6 Diseño experimental	51
11.7 Análisis estadístico.....	52
12. Metodología	52
12.1 Metodología en campo.....	52
12.2 Metodología en laboratorio.....	55
12.2.1 Determinación de pH.....	55
12.2.2 Determinación de glucosa por el método Nelson-Somogyi.....	55
12.2.3 Determinación de Proteína Total en Suero Sanguíneo por Método Biuret-Lowry.	56
12.2.4 Determinación del BUN por método espectrofotométrico	56
12.2.5 Determinación de la enzima superóxido dismutasa.....	57
13. Resultados.....	57
13.1 Indicadores fisiológicos.....	57
13.2 Indicadores metabólicos.....	63
13.3 Indicadores ambientales.....	74
13.4 Correlación múltiple de Pearson entre variables antes y después del ejercicio.....	74
13.4 Regresión múltiple entre dos variables evaluadas.....	76
14. Discusión.....	79
15. Conclusiones.....	84
16. Recomendaciones.....	85
17. Bibliografía.....	87
18. Anexos.....	93

Índice de Tablas

Tabla 1. Destinos del caballo criollo en Colombia	24
Tabla 2. Modalidades, aires o andares del caballo criollo colombiano	27
Tabla 3. Valores de referencia de las principales frecuencias del equino.....	29
Tabla 4. Vías metabólicas de la glucosa.....	38
Tabla 5. Características y propiedades moleculares del glicerol.....	43
Tabla 6. Descripción de tratamientos o muestras	49
Tabla 7. Descripción de variables evaluadas y sus métodos de análisis.....	50
Tabla 8. Distribución de factores, tratamientos y réplicas.....	51
Tabla 9. Intervalos de tiempo en muestreos de campo antes y después del ejercicio con el suministro del 1,2,3 propanotriol en machos	54
Tabla 10. Intervalos de tiempo en muestreos de campo antes y después del ejercicio con el suministro del 1,2,3 propanotriol en hembras.....	54
Tabla 11. Frecuencia cardiaca de los sujetos experimentales al inicio y finalización del experimento.....	58
Tabla 12. Frecuencia respiratoria de los sujetos experimentales al inicio y finalización del experimento.....	60
Tabla 13. Temperatura de sujetos experimentales al inicio y finalización del experimento.....	62
Tabla 14. Glucosa de sujetos experimentales al inicio y finalización del experimento.....	64
Tabla 15. Proteínas plasmáticas totales de sujetos experimentales al inicio y finalización del experimento.....	66
Tabla 16. Nitrogeno ureico de sujetos experimentales al inicio y finalización del	

experimento.....	68
Tabla 17. Superóxido dismutasa de sujetos experimentales al inicio y finalización del experimento.....	70
Tabla 18. pH de sujetos experimentales al inicio y finalización del experimento.....	72
Tabla 19. Indicadores ambientales promedio de sujetos experimentales antes y después del experimento.....	74
Tabla 20. Características generales de los equinos machos.....	93
Tabla 21. Características generales de los equinos hembras.....	94

Índice de Figuras

Figura 1. Morfología del caballo criollo colombiano	25
Figura 2. Anatomía digestiva del equino	32
Figura 3. Metabolismo de la fosfocreatina y resíntesis de ATP	35
Figura 4. Esquema general del metabolismo anaeróbico láctico en la célula muscular	36
Figura 5. Esquema general del metabolismo oxidativo	37
Figura 6. Mecanismo enzimático de la SODx	41
Figura 7. Metabolismo del glicerol	445
Figura 8. Localización del criadero “El chalán”	46
Figura 9. Instalaciones de las pesebreras del criadero el chalán	47
Figura 10. Equino hembra CCC de 4 años	48
Figura 11. Evidencia de toma de indicadores fisiológicos y suministro de glicerol a unidades experimentales.	52
Figura 12. Procedimiento en campo	53
Figura 13. Determinación de pH	55
Figura 14. Determinación de glucosa	55
Figura 15. Determinación de proteína	56
Figura 16. Determinación del BUN	56
Figura 17. Determinación de la SODx	57
Figura 18. Promedio de frecuencia cardiaca (FC) de los equinos antes y después del experimento	59

Figura 19. Promedio de frecuencia respiratoria (FR) de sujetos experimentales antes y después del experimento.....	61
Figura 20. Promedio de temperatura (T°) de sujetos experimentales antes y después del experimento.....	63
Figura 21. Promedio de glucosa (GLU) de sujetos experimentales antes y después del experimento.....	65
Figura 22. Promedio de proteínas plasmáticas totales (PPT) de sujetos experimentales al inicio y finalización del experimento.....	67
Figura 23. Promedio de nitrógeno ureico (BUN) de sujetos experimentales al inicio y finalización del experimento.....	69
Figura 24. Promedio de superóxido dismutasa (SODx) de sujetos experimentales al inicio y finalización del experimento.....	71
Figura 25. Promedio de potencial de hidrógeno (pH) de sujetos experimentales al inicio y finalización del experimento.....	73
Figura 26. Comportamiento de la glucosa sanguínea de los equinos machos, en función de los tratamientos aplicados (glicerol).....	76
Figura 27. Comportamiento de la glucosa sanguínea de los equinos hembras, en función de los tratamientos aplicados (glicerol).....	77
Figura 28. Comportamiento de la frecuencia respiratoria de equinos machos frente a su concentración de glucosa plasmática.....	78
Figura 29. Comportamiento de la frecuencia respiratoria de equinos hembras frente a su concentración de glucosa plasmática.....	79

Índice de Anexos

Anexo 1. Características de los equinos machos	93
Anexo 2. Características de los equinos hembras.....	94
Anexo 3. Metodología en campo.....	94
Anexo 4. Procedimiento determinación pH en laboratorio.....	95
Anexo 5. Procedimiento determinación de glucosa en laboratorio.....	95
Anexo 6. Procedimiento determinación de proteínas plasmáticas totales (PPT) en laboratorio.....	95
Anexo 7. Procedimiento determinación de nitrógeno ureico (BUN) en laboratorio.....	96
Anexo 8. Procedimiento determinación de la enzima super oxidó dismutasa (SODx) en laboratorio.....	97
Anexo 9. Curva de calibración Biuret-Lowry.....	98
Anexo 10. Curva de calibración glucosa método Nelson-Somogyi.....	99
Anexo 11. Análisis de varianza (INFOSTAT) de la frecuencia cardiaca	99
Anexo 12. Análisis de varianza (INFOSTAT) de la frecuencia respiratoria	100
Anexo 13. Análisis de varianza (INFOSTAT) de la temperatura corporal	101
Anexo 14. Análisis de varianza (INFOSTAT) del pH.....	103
Anexo 15. Análisis de varianza (INFOSTAT) de las proteínas plasmáticas totales	104
Anexo 16. Análisis de varianza (INFOSTAT) de la glucosa por método de Nelson-Somogyi..	105
Anexo 17. Análisis de varianza (INFOSTAT) de la enzima super oxido dismutasa.....	106
Anexo 18. Análisis de varianza (INFOSTAT) del nitrógeno ureico (BUN).....	108
Anexo 19. Correlación múltiple de Pearson entre variables antes del ejercicio.....	109
Anexo 20. Correlación múltiple de Pearson entre variables después del ejercicio.....	111

Lista de Abreviaturas

Abreviatura	Término
CCC	Caballo criollo colombiano
FEDEQUINAS	Federación nacional de asociaciones equinas
FR	Frecuencia cardiaca
FC	Frecuencia respiratoria
T°	Temperatura
Ph	Potencial de hidrógeno
AST	Aspartato aminotransferasa
ATP	Adenosina trifosfato
LAC	Lactato
BUN	Nitrógeno uréico
SODx	Superóxido dismutasa
ANAVA	Análisis de varianza
PPT	Proteínas plasmáticas totales
P1	Trote y galope
P2	Trocha y galope
P3	Trocha pura
P4	Paso fino colombiano
HR	Humedad relativa
PC	Fosfocreatina
Pi	Fosfato inorgánico
Ppm	Partes por millón

1. Introducción

El caballo criollo colombiano (CCC) se ha reconocido a lo largo de la historia por tener atributos característicos como su brío y su fenotipo, así mismo se ha mantenido conservando sus características genotípicas que desencadenan grandes movimientos y se destaca así por describirse en cuatro andares representativos que son: trote y galope, trocha y galope, trocha pura y paso fino (Asocaba,2018). Colombia registra 143 sociedades (criaderos de equinos). La población de equinos en el país está conformada aproximadamente por 1.603.679 animales, ubicados principalmente en los departamentos de Antioquia (13,81%), Tolima (9,14%), Córdoba (7,03%), Cundinamarca (6,91%), Casanare (6,05%), Cauca (5,57%), Meta (4,99%), Caquetá (3,97%), Magdalena (3,95%) y Sucre (3,92%) (censo agropecuario nacional ICA 2019). Más de 24.000 ejemplares son el centro de miles de espectáculos en ferias nacionales en el transcurso del año siendo de gran importancia en el mercado nacional e internacional posicionándolos actualmente como un patrimonio cultural favoreciendo el comercio y la economía del país (Asocaba, 2019). En la actualidad se evidencia el gran aporte de las producciones equinas directa e indirectamente, generando beneficios laborales a una gran población colombiana como lo son montadores, palafreneros, veterinarios, marroquineros, productores de alimento, transportadores, medicamentos y ayudantes (Laminilla, 2018) que constituyen un total de 407.601 empleos generados (Sistema de información de registros Fedequinas, 2017)

El desempeño del caballo se relaciona con diferentes factores los cuales van ligados con: la genética, sanidad, manejo y nutrición. La etapa nutricional en los equinos es indispensable para que logren satisfacer sus requerimientos al momento de realizar un esfuerzo físico (Ayala, 2005), La gran capacidad cardiorrespiratoria y el metabolismo eficiente frente al esfuerzo realizado por las células musculares, reconocen al equino como atleta, permitiéndole así desarrollar cualidades excepcionales como resistencia y fuerza optimizando su desempeño deportivo (Arias,2000) es por esto que para cada modalidad existe una selección racial, debido a que la composición muscular es el principal factor determinante de la aptitud física de este animal. El metabolismo basal se define como los procesos fisiológicos principales del animal para su supervivencia, y

para la realización de éstas es necesario que ocurran diversas reacciones metabólicas con el fin de obtener dicha energía (Arias, 2000).

De igual manera las proteínas también requieren de una serie de reacciones bioquímicas enzimáticas y su metabolismo y digestión es particular, al ser una biomolécula de gran tamaño se le dificulta el paso a la pared intestinal, por lo que diferentes tipos de aminoácidos individuales o dipéptidos se absorben por las paredes del intestino delgado y viajan vía porta a los lugares del cuerpo que lo requieren. Cuando llega, se sintetiza la proteína específica por medio de enlaces peptídicos, pasa al colon donde es aprovechada únicamente por la microbiota cuando no puede ser absorbida, cuando definitivamente no logra cumplir su función, se elimina por la orina (García y López 2007) en estos casos, cuando el aprovechamiento de proteína es bajo se ve afectado el metabolismo del nitrógeno, consecuente de concentraciones bajas de energía en la dieta, alterando así el nitrógeno ureico en sangre (BUN) proveniente de la fermentación cecal. Esto sin dejar un lado el perfil enzimático, donde superóxido dismutasa (SODx) se incrementa cuando los ejemplares están sometidos a estrés, siendo esta enzima un antioxidante que elimina los radicales libres que son capturados por el estrés oxidativo (Granados, 2020).

Para evitar diferentes tipos de alteraciones de tipo nutricional especialmente energéticas, se está generando interés en el uso del 1,2,3 propanotriol (glicerol) en la alimentación animal, ya que este producto se encuentra disponible en grandes cantidades a nivel nacional e internacional al ser un derivado del biodiesel usado de manera exponencial. En los caballos criollos colombianos destinados a pista de exposición y entrenamiento constante, se deben manejar requerimientos alimenticios que permitan mejorar el rendimiento energético. Por lo anterior, el objetivo del presente fue realizar un estudio de perfiles metabólicos: energético, proteico y enzimático de caballos criollos colombianos, suplementados con 1,2,3 propanotriol y su impacto y relación con los indicadores fisiológicos.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Realizar un estudio metabólico de caballos criollos colombianos con suplementación de 1,2,3 propanotriol antes y después del ejercicio en el criadero el chalán, municipio de Fusagasugá-Cundinamarca, Colombia.

2.2 Objetivos Específicos

Analizar los indicadores fisiológicos de los caballos criollos colombianos como temperatura basal, frecuencia cardíaca y frecuencia respiratoria, evaluando su comportamiento con el suministro de 1,2,3 propanotriol

Establecer el efecto fisiológico del 1,2,3 propanotriol en los perfiles metabólicos: proteico, energético y enzimático en el plasma sanguíneo de los equinos

3. Planteamiento del Problema

En el interior del país, el caballo criollo Colombiano (CCC) se encuentra posicionado de una manera equivocada debido a los antecedentes de narcotráfico y demás actividades realizadas en este ámbito, por esta razón es necesario involucrar reportes investigativos, proyectos y estudios que justifiquen la importancia y productividad de esta especie, con el fin de mejorar el manejo de los mismos en términos de genética, adiestramiento, reproducción, etología, reproducción y nutrición (Mejía *et al.*, 2008). Son pocos los estudios sobre nutrición equina que se verifican en la literatura científica, incluso más escasos cuando se relacionan con las condiciones específicas del país. (Moreno *et al.*, 2007).

Los equinos que son sometidos a entrenamiento y resistencia constantemente son más eficientes a la proporción de energía que brinda la glucosa y los ácidos grasos sin importar que se encuentren en reposo o en un esfuerzo físico. El metabolismo de los ácidos grasos volátiles (AGV) es más lento que el de la glucosa, pero proporcionan más energía así que, las necesidades energéticas de los equinos son cubiertas en su mayoría por la oxidación de las grasas y las restantes por la de los carbohidratos (Arias, 2000).

El estado de salud de los equinos se ve afectado principalmente por patologías a nivel del sistema digestivo, la poca información que existe frente a una alimentación adecuada al usar fuentes de concentrado de forma incontrolada ocasiona altos costos en la producción y demás inconvenientes relacionados con el animal, y más aún cuando se encuentran en estabulación (Martínez, 2008), además de esto los CCC poseen problemas por estrés oxidativo en el músculo, causado por las pocas reservas de glucosa, como su destino son las exposiciones equinas y demás actividades de alto entrenamiento deportivo requieren siempre de altas demandas energéticas de metabolismo rápido (Narváez, 2007) Según Laminilla (2018), es necesaria la implementación de nuevos estudios que comprometan los requerimientos nutricionales de los caballos, buscando un progreso en el gremio y un mayor enfoque en ésta especie.

Por lo anterior se aspira en este estudio lograr suministrar 1,2,3, propanotriol, un recurso bioenergético, siendo una fuente económica de nutrientes que puede aumentar la rentabilidad del sistema, siempre y cuando no se afecte el rendimiento de los ejemplares.

4. Justificación

El objetivo de los equinos destinados a pista de exposición se centra en lograr la optimización gasto energético-trabajo siendo un reto para cumplirla satisfactoriamente por estos ejemplares (Guerrero y Portacarrero 2008). La ingestión de nutrientes que son derivados del organismo, son la base principal para que los equinos desempeñen una actividad deportiva óptima, sin importar su duración, tipo e intensidad de trabajo, es por esto que durante el ejercicio la contracción muscular requiere de un gasto energético mayor que la que utiliza para sus procesos fisiológicos basales (Arias, 2000). Los caballos están predispuestos a sufrir de trastornos digestivos y metabólicos que conllevan a procedimientos médicos de alto riesgo, esto debido a que poseen características anatómo-fisiológicas del intestino bastante particulares, sobre todo, cuando existen necesidades energéticas altas y por consiguiente el uso de cantidades de alimentos concentrados en exceso, es por ello que buscar una sustitución de estos alimentos de alto valor para la producción, se basan en elegir subproductos agroindustriales que constituyen una alternativa en la dieta del animal que aporten el mismo valor energético (Martínez, 2008).

En especies como bovinos, porcinos y aves el uso de 1,2,3, propanotriol en la formulación de dietas estimula el interés inmediato para obtener un producto rico en energía (4320 kcal de energía bruta por kg de glicerol puro) y una alta eficiencia de utilización por parte de los animales. Además, al servir como fuente de energía, puede tener un efecto positivo sobre la retención de nitrógeno, mejorando la recuperación de aminoácidos y reduciendo la emisión de contaminantes en el medio ambiente principalmente el gas metano y los gases de efecto invernadero (Machado *et al.*, 2010).

El empleo del 1,2,3 propanotriol, además de disminuir los costos de materias primas alimenticias, mantiene los niveles productivos, esto se puede corroborar en los trabajos realizados por Ordoñez (2014) y Delgado *et al.* (2016). Por lo tanto, parece que este recurso tiene

efectos positivos en el metabolismo energético, lo que hace que exista mayor glucólisis en el músculo de los ejemplares. Por esto, es importante confiar en fuentes alternativas de energía como el biodiesel, una forma de ampliar y diversificar la oferta energética en un contexto sostenible en caballos criollos colombianos.

5. Revisión de Literatura

5.1 Fundamentos de la Actividad Equina en el País

A la federación nacional de asociaciones equinas, FEDEQUINAS la componen 24 asociaciones a nivel nacional y son estas las encargadas de exposición, registro y fomento a lo largo y ancho de Colombia (Fedequinas,2017). Ochoa (2016) informa que en el país existe una división por cinco zonas geográficas, en las que hay dispuestas diferentes asociaciones que trabajan en pro del caballo, realizando aproximadamente 200 eventos equinos entre exposiciones grado A, grado B, jinetes no profesionales y festivales avalados. en estos eventos se cuenta con la participación de más de 10.000 caballos, además de simposios, seminarios y congresos, realizados en el seno regional de cada una de las asociaciones. En la siguiente tabla se pueden identificar los diferentes destinos del caballo criollo en Colombia (Tabla 1).

Tabla 1.

Destinos del caballo criollo en Colombia

	Destino
Trabajo de campo	Vaquería
	Transporte
	Tiro pesado
	Carabineros
Salud	Equino terapia
	Hipoterapia
Deporte	Competencias
	Prácticas de chalanería
Reproducción	Producción seminal
	Disposición de vientres
Recreación	Paseo
	Cabalgatas
Producción de alimento	Carne (animal de descarte)

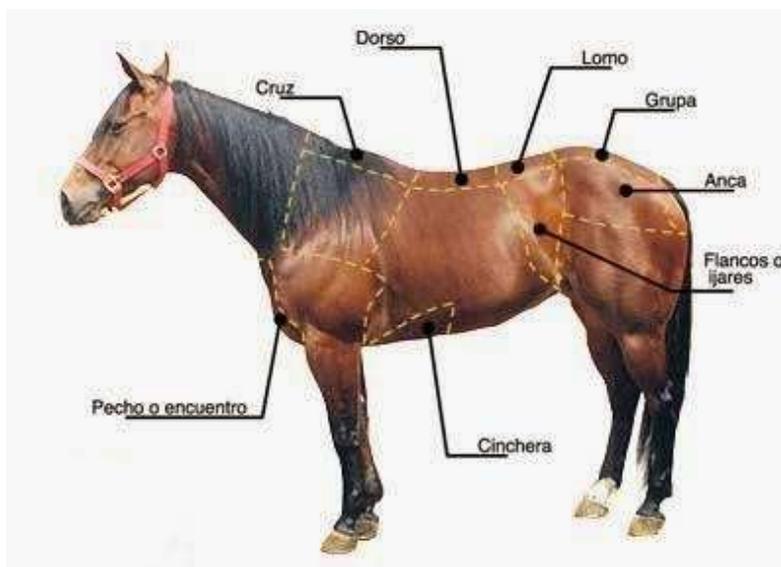
Fuente: Adaptado de: Secretaría técnica FEDEQUINAS (2017)

5.2 Morfología del Caballo Criollo Colombiano

El caballo criollo colombiano cuya principal característica es la suavidad, está catalogado dentro de las razas “de silla” conformadas por los equinos destinados a la necesidad de cabalgar (Narváez, 2007). Su tamaño es intermedio y por su volumen corporal hace parte del grupo de los “eumétricos” (entre 350 y 500kg). Su alzada está comprendida entre 1,38 y 1,48m para machos mayores de cinco años y entre 1,36 y 1,46m para las hembras; se considera que este tamaño es el ideal para lograr los excelentes movimientos que ejecuta para desplazarse (Ochoa, 2016).

Figura 1.

Morfología del Caballo Criollo Colombiano



Fuente: <http://finca-calcetines.blogspot.com/2015/02/las-proporciones-en-el-caballo.html>

5.2.1 Cabeza

Bien insertada en el cuello, proporcionada al resto del cuerpo, perfil rectilíneo, pequeña, descarnada y de líneas nítidas. Frente amplia, despejada, adornada por el tupé y con buena separación entre los ojos, las orejas son pequeñas, bien formadas, activas y prontas a responder a los estímulos, ojos vivos, grandes y de color oscuro y ollares amplios y fuertes con buena capacidad para dilatarse durante el ejercicio (Narváez, 2007).

5.2.2 Cuello

Corto, arqueado, con líneas nítidas en la garganta, bien implantado hacia la cabeza, el borde superior con crines no muy abundantes. Cuando el caballo está en movimiento lo lleva erguido, vertical, y arqueado. Esta posición que es característica de la raza, le permite repartir proporcionalmente mejor el peso del cuerpo en las cuatro extremidades, produciéndole un mejor equilibrio y seguridad en la pisada (Narváez, 2007).

5.2.3 Tronco

Bien torneado, con costillas largas y arqueadas, de musculatura fuerte y nervios, dorso recto, ancho, bien musculoso y proporcional al tamaño, el lomo debe tener una formación horizontal y debe ser corto y ancho (Narváez, 2007).

5.2.4 Pecho-tórax

Proporcionales al tamaño, el pecho debe ser profundo, musculoso y lleno, demostrando fortaleza y vigor. Las paletas bien implantadas y anchas. Brazo y antebrazo musculosos, verticales, fuertes y bien delineados. Los codos sobresalen y deben estar separados de las costillas, la cruz no debe ser muy pronunciada ni tampoco inadvertida a la misma altura del punto más alto de la grupa, descarnada, bien definida, extendida hacia atrás hasta confundirse suavemente con el dorso (Narváez, 2007).

5.2.5 Grupa

Está situada entre los lomos, la cola y las dos ancas. Es una región amplia, igualmente musculosa y redonda, no debe ser muy nivelada y de buena unión con el tronco, las ancas deben ser largas y anchas (Narváez, 2007).

5.2.6 Cola

De inserción baja, bien insertada y adornada con largas crines, el animal en movimiento las lleva hacia abajo, quieta y ligeramente inclinada para atrás (Ochoa, 2016).

5.2.7 Extremidades

Aplomadas, al mirarlas de frente, de costado o desde atrás presentan una correcta implantación, cuartillas medianas y elásticas, con unos cincuenta grados de inclinación, cascos proporcionados al tamaño del caballo, profundos de talones acopados y de consistencia compacta, rodillas delgadas, disminuyendo gradualmente de grosor hacia las cañas (Narváez, 2007).

5.2.8 Corvejones

Constituyen el centro de los movimientos del tren posterior, donde se inicia la función propulsora, actúan como amortiguadores dando resortaje al tren posterior, están situados correctamente entre la pierna y la caña; sin ser pronunciado, son bien delineados, deben ser bien dirigidos, amplios y enjutos. Las cañas son secas, rectas, cortas y con tendones bien definidos, huesos fuertes, nítidos y lisos. Articulaciones y tendones bien definidos y recubiertos con piel y pelo fino (Narváez, 2007).

Modalidades del caballo criollo Colombiano

Los diferentes aires del caballo criollo colombiano son definidos con la siguiente abreviatura con el fin de facilitar la clasificación frente a las exposiciones equinas:

Tabla 2.

Modalidades, aires o andares del caballo criollo colombiano

Aire o modalidad	Simple o compuesto	Abreviatura
Trote y galope	Compuesto	P1
Trocha y galope	Compuesto	P2
Trocha pura	Simple	P3
Paso fino colombiano	Simple	P4

Fuente: Adaptado de: (Ochoa 2020)

6.1 Trocha

La trocha es una modalidad de desplazamiento que el caballo criollo colombiano ejecuta mediante el traslado sucesivo y alternado de sus bípedos diagonales en cuatro tiempos. Por esta razón, se pueden escuchar cuatro galopes al contacto con los cascos con el suelo, produciendo su correspondiente sonido característico así: tras-tras-tras. (FEDEQUINAS,2017)

6.2 Paso Fino Colombiano

La modalidad del paso fino es la más representativa en la raza del caballo criollo colombiano. En esta el animal avanza poco porque ejecuta muchos y enérgicos movimientos a gran velocidad, produciendo un sonido característico al contacto de los cascos con el suelo así: taca-taca-taca. El caballo ejecuta el desplazamiento por bípedos laterales sucesiva y alternamente, produciendo dos tiempos con cada bípedo, para realizar el ciclo completo en cuatro tiempos o batidas. (Ochoa,2016)

6.3 Trote

En esta modalidad el ejemplar se desplaza por bípedos diagonales con cadencia lenta en dos tiempos así: anterior derecho simultaneo con el posterior izquierdo y anterior izquierdo con el posterior derecho. (FEDEQUINAS, 2017). El sonido de los cascos al contacto con el suelo produce por cada bípedo un solo galope seco: tas-tas-tas sin la “r” intermedia que identifica la trocha. Esta modalidad es de batidas cortas, el accionar de los miembros delanteros es airoso y flexible y su tren posterior es elástico y armonioso; cuando es bien ejecutado tampoco hace levitación o suspensión completa en el aire, lo que le permite transmitir además de seguridad una gran suavidad al jinete. (Narváez, 2007).

6.4 Galope

En la modalidad del galope el desplazamiento también es diagonal, pero lo hace en tres tiempos, produciendo un sonido característico que se podría interpretar así: ca-tor-ce, ca-tor-ce, ca-tor-ce. Este galope también es recogido y corto. (Ochoa, 2016) El caballo mete los miembros posteriores para impulsarse, poniendo en acción la gran capacidad de resortaje del tren posterior que le permite un máximo de suavidad y armonía. (FEDEQUINAS, 2017)

Constantes fisiológicas del equino

Las variables estipuladas para conocer los rangos de normalidad del estado fisiológico de los animales se definen como constantes fisiológicas, en algunas ocasiones tienden a variar por diversos motivos: alteraciones en el estado clínico, exposición a actividad física o etapa fisiológica en el que se (Narváez,2007) En el equino nos permiten conocer con exactitud el estado en el que se encuentran pudiéndose llegar a deducir ciertas patologías o cambios fisiológicos basales, para ello existen valores de referencia los cuales se muestran a continuación:

Tabla 3.

Valores de referencia de las principales frecuencias del equino

Constante fisiológica	Valor de referencia
Frecuencia cardiaca (FC)	28 a 40 latidos/ min
Frecuencia Respiratoria (FR)	18-20 res/ min
Temperatura	37,5 a 38,5 °C

Fuente: Adaptado de: (Narváez, 2007)

7.1 Frecuencia Cardiaca (FC) (Latidos por minuto: lpm)

FC es el número de movimientos cardiacos completos que se producen en una unidad de tiempo (Arias, 2000).

7.1.1 Frecuencia cardiaca en potros

Inmediatamente después del nacimiento el ritmo cardiaco que debe presentar un potro es de 40 - 80 latidos/minuto. Logra un aumento a los minutos llegando a estar de 130-150 latidos/minuto, y luego disminuye durante la primera semana de vida poco a poco hasta llegar a 60 – 80 latidos/minuto. La excitación y manipulación causan elevaciones en estos valores, sin embargo, se expone que la frecuencia cardiaca en potros puede aumentar a valores entre 50- 100 ppm. La proximidad del corazón a la pared del tórax de los potros y la poca cantidad de grasa en el cuerpo hacen que la auscultación se realice con mayor facilidad, el latido puede sentirse en el lado ventral izquierdo del tórax, aunque hay que tener en cuenta que el manejo de esta etapa

fisiológica al ser demasiado excitables puede aumentar la frecuencia y alterar los resultados (Sánchez y Álvarez 2013).

7.1.2 Frecuencia cardiaca en equinos adultos

En el equino, la intensidad del ejercicio corresponde a la zona de transición y varía de un individuo a otro, encontrándose en un rango normal de 150-200 latidos por minuto. Existen diferentes maneras de clasificar esta intensidad: cuando se encuentran en el rango normal se denominan de baja intensidad o zona basal. El periodo donde el caballo obtiene energía necesaria a partir de la glucólisis anaeróbica proveniente del metabolismo oxidativo se denomina de alta intensidad o zona de transición aeróbica-anaeróbica (Arias *et al.*, 2006).

Existe una etapa en la cual el lactato se comienza a aumentar en la sangre sobrepasando los niveles basales, éste coincide con el umbral aeróbico llegando a obtener una frecuencia cardiaca de 200 pulsaciones por minuto. Casi siempre la frecuencia cardiaca se recupera rápidamente durante el primer minuto después del ejercicio luego disminuye lentamente, y por lo general tiene una dependencia sobre el estado físico del caballo, de la temperatura y humedad ambiental. de la raza y del esfuerzo realizado (Arias *et al.*, 2006).

7.2 Frecuencia Respiratoria (FR) (Respiración por minuto: rpm)

FR es el número de movimientos respiratorios completos que se producen en una unidad de tiempo (Narváez, 2007)

7.2.1 Frecuencia respiratoria en potros

La medición de esta variable se puede tomar notando la salida de aire por medio de los ollares o comprobando el movimiento de los flancos o el tórax. Luego del nacimiento, la frecuencia respiratoria se encuentra >60 rpm y lentamente va disminuyendo hasta 20-40 rpm, encontrándose normalmente entre 20 – 30 rpm. Al igual que la frecuencia cardiaca, la sujeción y manipulación pueden aumentar el ritmo respiratorio (Sánchez y Álvarez 2013).

7.2.2 Frecuencia respiratoria en equinos adultos

Según Corvalán (2010), esta función es un mecanismo en el cual interviene el sistema respiratorio primordialmente y también la temperatura ambiental, de tal manera que, si se eleva aun así sin observar cambios en la temperatura corporal, existe un aumento de la FR y el volumen corriente disminuye la elevación. Esta frecuencia depende de los requerimientos energéticos o la función termorreguladora del organismo.

Los músculos abdominales y torácicos y el diafragma hacen que exista un correcto funcionamiento en los movimientos respiratorios y el acondicionamiento siendo de vital importancia porque de ellos depende el ritmo respiratorio (Riera, 2015). La frecuencia respiratoria posee una relación con el andar al que está destinado el equino, al galope dicha frecuencia coincide con la del paso, y en andares como la trocha y el paso fino la relación es menor (Chaparro, 2015).

7.3 Temperatura corporal (T) (°C)

T corresponde a una variable fisicoquímica intensiva que no depende de la cantidad de masa y cuantifica la energía cinética promedio molecular de las moléculas que componen un sistema (Granados y García, 2011).

7.3.1 Temperatura corporal en potros

A lo largo del día se pueden encontrar variaciones en la temperatura corporal de los potros, el medio ambiente influye en dichos cambios, ya que el animal tendrá un menor consumo de calorías requeridas para sus procesos fisiológicos cuando existe una temperatura ambiental alta y poca corriente de aire, entendiéndose por un rango de normalidad valores entre 38,0 y 38,6 (Sánchez y Álvarez 2013).

7.3.2 Temperatura corporal en equinos adultos

La temperatura corporal en los equinos oscila de 37, 5° C a 38,1°C con variaciones normales que pueden ser por exceso de trabajo, hembra en celo, momento del parto, sobrealimentación y temperatura ambiente (Aguilar, 2006). Para efectos metabólicos, la temperatura corporal resulta

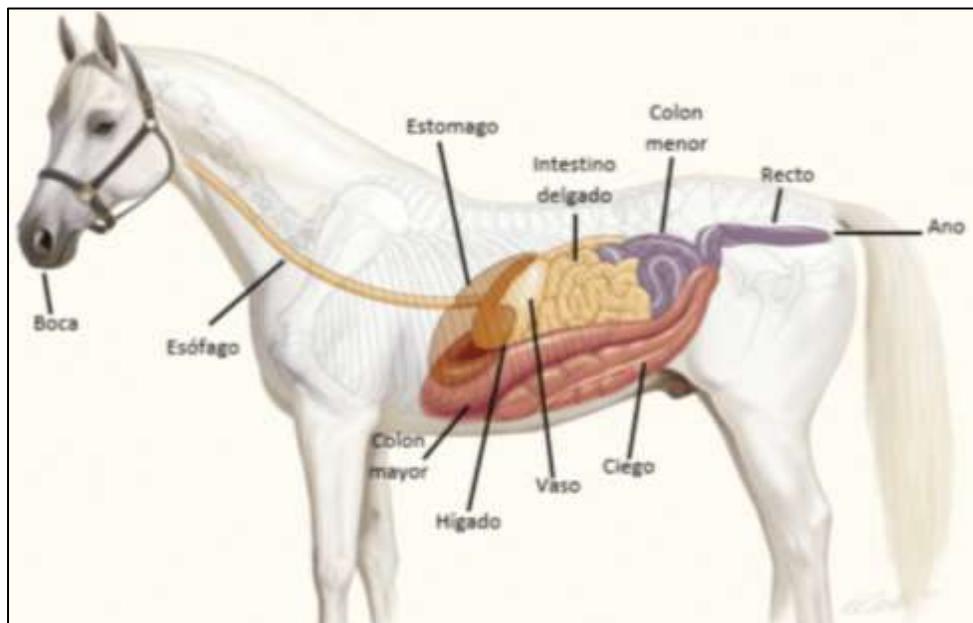
de la diferencia entre ganancia o producción de calor y de la pérdida del mismo. Los equinos producen calor por medio de su metabolismo oxidativo, son animales con un gran VO_2 (cantidad máxima de oxígeno que el organismo puede absorber, transportar y consumir en un tiempo determinado), y como grandes generadores de calor, tienen una conductividad térmica baja, lo que posibilita la conservación y del calor y la termorregulación. (Martínez *et al.*, 2001)

Digestión del Equino

El equino posee un aparato digestivo con un intestino largo y un estómago bastante pequeño a relación a su tamaño corporal, de modo que, para obtener las sustancias nutricionales de un alimento, debe alimentarse a menudo y en cantidades no muy grandes (Smith, 2002).

Figura 2.

Anatomía digestiva del Equino



Fuente: <https://www.veterinarioalternativo.com/index.php/articulos/disciplinas/nutricion/item/92>

El aparato digestivo comienza en la boca, con la que el animal ayudado de sus belfos y de sus incisivos obtiene el alimento, éste es triturado por los molares del fondo de la mandíbula que poseen unos salientes que facilitan esta tarea (Aguilar, 2006). La abundante saliva segregada por el caballo empieza a predigerir el alimento, al tragarlo, pasa al esófago y de ahí es conducido al

estómago donde actúan los jugos gástricos y ayudan a disolver el alimento (Stephen *et al.*, 2005). de este pasa al intestino delgado donde los nutrientes son absorbidos. El hígado y el páncreas contribuyen al proceso digestivo segregando bilis y jugos pancreáticos respectivamente (la vesícula biliar no existe en esta especie) (Aguilar, 2006).

El resto del alimento continua su camino para seguir siendo procesado en el intestino grueso formado por el ciego, el colon ascendente y el colon descendente. En esta zona se produce la fermentación de los forrajes por las bacterias intestinales, que lo disuelven y lo reducen a nutrientes que son absorbidos en este tramo (Stephen *et al.*, 2005). La parte sólida que no logra ser absorbida conforma los residuos que pasan al recto para ser evacuados al exterior en forma de crotines (Mair *et al.*, 2003).

La digestión de los carbohidratos da inicio en la boca del equino donde por medio de la amilasa de la saliva del animal son degradados en forma de polisacáridos y de disacáridos son hidrolizados hasta ser monosacáridos, luego de esto se convierten en glucosa la cual ingresa y se absorbe en el epitelio intestinal y pasa a la sangre para llegar a los eritrocitos y luego ser metabolizados (Brandi y Furtado 2009).

9. Perfiles metabólicos del equino

El perfil metabólico de Compton refleja el estado nutricional de las unidades experimentales, con o sin la presencia de patologías, este perfil puede descubrir la capacidad de las dietas suministradas a dichos animales. Para cubrir las necesidades nutricionales básicas que aportan proporciones equilibradas y suficientes, la dieta al menos debe suministrar los siguientes principios alimenticios: proteínas, hidratos de carbono (carbohidratos), grasas, sales inorgánicas, aguas y vitaminas (Patiño *et al.*, 2017).

9.1 Perfil energético

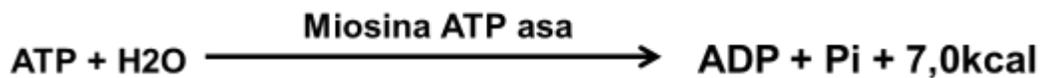
Perfil corresponde a la cuantificación de indicadores metabólicos o metabolitos en animales, con base en el análisis de muestras de sangre u orina (Patiño, 2017).

9.1.1 Metabolismo de glucosa.

Los carbohidratos y los ácidos grasos constituyen las principales fuentes energéticas del equino, su eficiencia y productividad depende del sistema de entrenamiento al cual sean sometidos estos animales (Arias, 2000). y el proceso correspondiente se da a continuación.

9.1.1.1 Producción de energía (ATP) por la célula muscular del equino.

En la mitocondria es el lugar donde se sintetiza el ATP (adenosín trifosfato), que se define en la fuente energética inmediata para que la célula desarrolle diferentes actividades, luego actúa la enzima miosina ATP asa convirtiendo éste ATP en ADP (adenosín difosfato). Un mol de dicho resultado genera una energía libre metabólica de 7000 calorías (7kcal) (Moreno *et al.*, 2007)



Un metabolismo aeróbico o anaeróbico es determinado por cierto grado de actividad que el músculo desarrolla, pero aun así los resultados o productos finales pueden presentar variaciones de acuerdo a sus vías metabólicas, la gran eficiencia que genera la molécula de ATP define el tipo de ejercicio o el reposo en el que se encuentra el animal con sus mecanismos. La eficiencia del ATP se comienza a ver disminuida cuando se empiezan a producir mecanismos anaeróbicos consecuentes de un bajo aporte de oxígeno (aumento de la actividad física) logrando finalmente obtener ácido láctico. Existe gran pérdida de energía en forma de calor, cuando el animal se encuentra en movimiento aproximadamente un 25% únicamente se aprovecha en forma de energía mecánica, y como producto final un gran número de moléculas de ADP (Moreno *et al.*, 2007)

9.1.1.2 Producción de ATP.

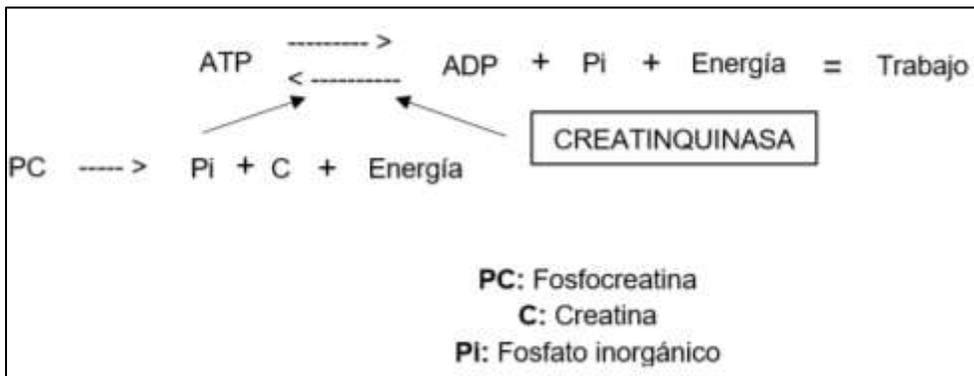
Los diferentes sistemas metabólicos se logran adaptar al tipo de entrenamiento en el cual se encuentra el equino, y así mismo dichos sistemas dependen de las características generales del músculo para lograr una adecuada síntesis de ATP en tres sistemas indispensables: 1) Sistema de formación de ATP 2) el sistema de la gluconeogénesis y 3) el ciclo de cori (Arias, 2000).

9.1.1.2.1 Sistema creatina fosfato ATP.

Las reservas de fosfógeno de las células que se encuentran en el músculo son el sustrato principal para la producción de la energía, cuando hay un incremento de ADP, producto del desdoblamiento inicial se estimula la actividad de dos enzimas: creatin-quinasa y creatina fosfato. (Arias, 2000). (Figura 3).

Figura 3.

Metabolismo de la Fosfocreatina y resíntesis de ATP



Fuente: Adaptado de (Arias, 2000)

9.1.1.2.2 Sistema anaeróbico láctico (ciclo de cori).

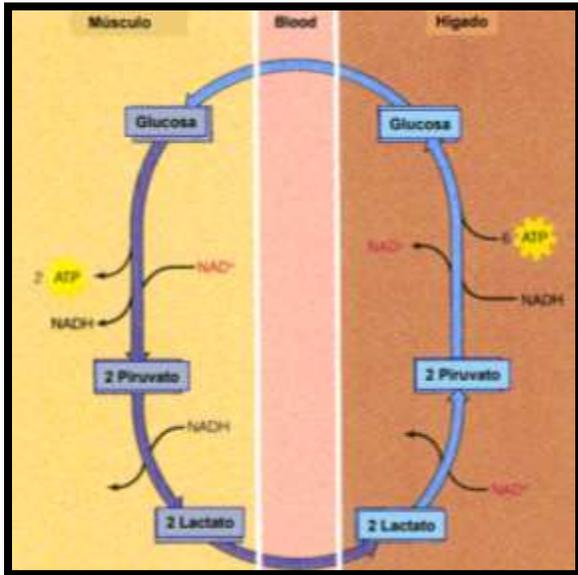
Cuando se termina la producción del sistema energético del adenosín trifosfato (ATP), la célula muscular toma la vía del metabolismo glucolítico oxidativo para obtención de energía, donde utiliza como sustratos los carbohidratos. Un animal en actividad física, este proceso lo realiza tomando el glucógeno hepático, el cual convierte en glucosa, que es liberada al torrente sanguíneo, con el fin de mantener la glicemia estable (Schuback y Essén-Gustavsson, 1998). Cuando el músculo requiere de glucosa el aporte lo toma, a partir del glucógeno muscular, donde una fracción mayor, es degradada, mediante el proceso de glucólisis en las fibras musculares, lo que permite mantener el trabajo (actividad) necesario. Del mismo modo, otra fracción se conduce al sistema nervioso, los glóbulos rojos y riñones, órganos que son dependientes de la glucosa (Arias, 2000).

El metabolismo glucolítico involucra el catabolismo o degradación de materia orgánica de la glucosa hasta piruvato en el citosol. Dicho proceso se hace en ausencia directa de oxígeno, por esto algunos bioquímicos emplean el termino glucólisis anaeróbica. No obstante, se conoce que este proceso puede activarse, tanto en presencia como en ausencia de oxígeno (Arias, 2000).

La figura 4, muestra la relación metabólica entre músculo e hígado con las diferentes reacciones bioquímicas metabólicas (RBE) desarrolladas por el ciclo de Cori, descritas en el párrafo anterior.

Figura 4.

Esquema general del metabolismo anaeróbico láctico en la célula muscular



Fuente: (Sánchez, 2002)

El Ciclo de Cori, se puede resumir de la siguiente forma (Granados, J, 2011)

- Glucólisis y gluconeogénesis se desarrollan en dos órganos distintos: músculo e hígado, lo cual permite a los miocitos disponer de la energía necesaria en todo momento.
- El músculo obtiene ATP a partir de la degradación de glucosa en la glucólisis
- Cuando las condiciones del ejercicio son anaeróbicas, la glucosa se degrada a piruvato y éste se reduce a lactato

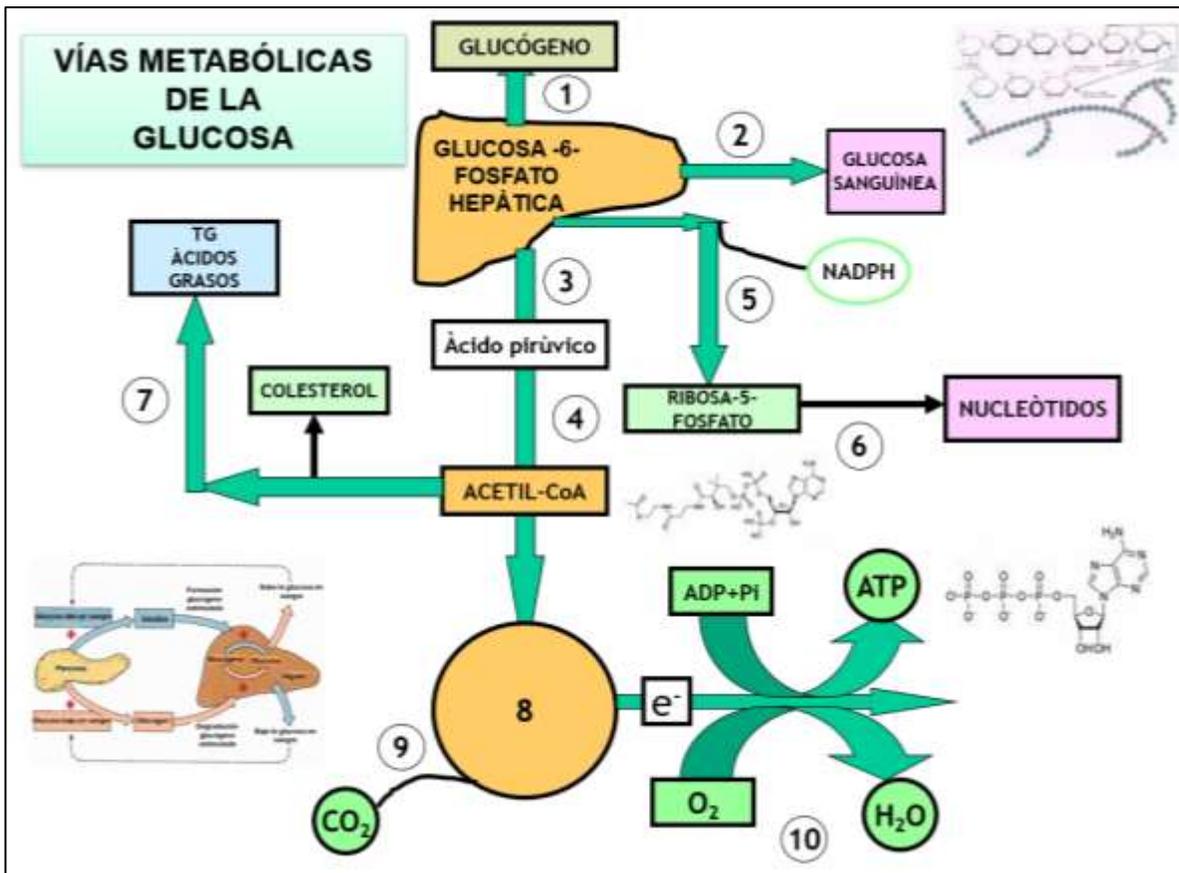
- El lactato es exportado a la sangre y es captado por el hígado
- El hígado sintetiza glucosa de nuevo a partir de lactato por la ruta de gluconeogénesis.

9.1.1.2.3 Sistema aeróbico oxidativo.

Cuando es necesaria la contracción muscular en el animal por un extenso periodo de tiempo deportivo, la energía requerida para los procesos metabólicos toma como sustratos los carbohidratos, los ácidos grasos y las proteínas (Álvarez, 2014). Al ver que se prolonga la actividad física, se debe cumplir satisfactoriamente con el gasto energético en los diferentes tejidos, y para ello el sistema aeróbico oxidativo genera la glucólisis (aumento de la producción de glucosa a partir de glucógeno, aminoácidos, glicerol y en algunos casos el lactato (gluconeogénesis) (Arias, 2000). (Figura 5).

Figura 5.

Esquema general del metabolismo oxidativo



Fuente: Guías de bioquímica metabólica; Granados (2020)

La tabla 4 muestra las diferentes vías metabólicas con su denominación, biomolécula de entrada y biomolécula de salida para la numeración del esquema general del metabolismo oxidativo presentado en la figura 5.

Tabla 4.

Vías metabólicas de la glucosa

Ruta Metabólica	Denominación	Biomoléculas Entrada	Biomoléculas Salida
1	Gluconeogénesis	Glucosa-6-P	Glucógeno
2	Gluconeogénesis	Glucosa-6-P	Glucosa sanguínea
3	Glucólisis	Glucosa	Ácido pirúvico
4	Reacción piruvato descarboxilasa	Ácido pirúvico	Acetil CoA
5	Vía pentosa fosfato	Glucosa-6-Fosfato	Ribosa-5-Fosfato
6	Biosíntesis de nucleótidos	Ribosa-5-Fosfato	A, G, C, T, U
7	Biosíntesis de AG	Acetil CoA	AG, TG, colesterol
8	Ciclo Krebs (CAT, CAC)	Acetil CoA y O ₂	NADPH ₂ , FADH ₂ , GDP, CO ₂
9	Descarboxilación oxidativa	Cetoácido	CO ₂
10	Fosforilación oxidativa	NADPH ₂ , FADH ₂ , O ₂	ATP; H ₂ O;

Fuente: Guías de bioquímica metabólica; Granados (2020)

9.2 Perfil proteico

9.2.1 Metabolismo de proteínas plasmáticas totales (PPT).

Las proteínas sanguíneas en general tienen su lugar de síntesis en el hígado. Existen dos grandes grupos que componen las proteínas plasmáticas totales, la albúmina y las globulinas. (Mutis y Pérez 2005). La albúmina es la que más abunda y tiene funciones de equilibrio ácido base y en el metabolismo transportando las sustancias que son indispensables para el mantenimiento celular. Las globulinas son proteínas séricas globulares que están relacionadas directamente con la producción de los anticuerpos de cada uno de los organismos (Patiño *et al.*, 2017).

Cuando el animal está sometido a un ejercicio físico, el tejido muscular se ve afectado negativamente por la acumulación de lactato (gluconeogénesis), por lo que las proteínas plasmáticas totales se encargan de cumplir con la reparación de dicho tejido (Stephen *et al.*, 2005). El cansancio en el animal es provocado por los niveles elevados de lactato y de H⁺ en sangre, causando un pH bajo y definiéndose en un desequilibrio provocado por la ineficiencia de las fibras musculares al utilizar el lactato que proviene de un incremento en la actividad física (Chaparro, 2015). Es por esto que el nivel de intensidad se conoce como “umbral del lactato”, pudiendo tomar ciertas variables como referencia en las que se encuentran las concentraciones del LAC de 4mmol/litro y también la frecuencia cardíaca que logra alcanzar los 200 lpm (Corvalán, 2010). El aumento en el ritmo cardíaco luego de 210 lpm se considera que el equino está entrando en una fase donde se compromete negativamente el equilibrio y la salud del animal (Stephen *et al.*, 2005).

9.2.2 Nitrógeno ureico en sangre (BUN).

El nitrógeno ureico sanguíneo (BUN) o como lo reportan algunas literaturas arcaicas, concentración de nitrógeno ureico (UN) se define en la cantidad de nitrógeno en forma de desecho que está circulando por el torrente sanguíneo (Smith, 2002). Esta concentración de urea en el suero puede verse alterada principalmente por cambios en la dieta de los animales en los que se ve incluida la proteína como base, y también por la función hepática comprometiendo la tasa de síntesis de la urea por los riñones y células del hígado (Barreto y Jiménez., 2005).

Cuando existe una correcta función renal, en animales sanos, la urea es filtrada por el glomérulo renal hacia el plasma sanguíneo. La mayoría de la urea es excretada por la orina eliminando los desechos nitrogenados de la sangre, y en ocasiones una parte puede ser devuelta a la sangre (Barreto et al., 2005). Los niveles del BUN se encuentran en un rango de normalidad de 12 a 26 mg/dL y 4.3 a 9.3 mmol/L (Smith, 2002). Estudios realizados por Delgado et al. (2016) evidencian un análisis favorable de esta variable junto con el suministro de glicerol. De igual manera muchos factores no renales pueden alterar los resultados de nitrógeno: microorganismos o procesos fisiológicos como el ejercicio, relacionados al término azotemia (Mutis y Pérez 2005).

Cabe resaltar que el músculo no puede sintetizar la urea a partir de un ion amonio, para esto, en el músculo, la glucosa vuelve a hacer el proceso de glicólisis y se convierte en piruvato, éste se convierte en alanina por un proceso de transaminación, luego vuelve al hígado, éste órgano convierte la alanina en fosfoenolpiruvato para que vuelva al músculo y genere de nuevo el proceso de glicólisis, y luego la conversión a piruvato para de nuevo pasar al hígado en forma de alanina. Este ciclo se conoce como ciclo de la alanina o ciclo de Cahill que junto con el de Cori hacen parte de la gluconeogénesis. Transformar dos moles de alanina en un mol de glucosa le cuesta diez moles de ATP (Brunton *et al.*, 2007). La medición de ésta variable se realiza con el fin de aportar más investigación a la especie equina, debido a la escasa información que existe sobre el BUN reportado en cambios en animales clínicamente sanos o con alguna presencia patológica.

9.3 Perfil enzimático

9.3.1 Superóxido dismutasa SODx.

Se conocen dos tipos de especies reactivas, las cuales contienen los radicales libres y los no radicales, que viene originadas como consecuencia del metabolismo celular y se identifican internamente de los sistemas biológicos por las especies reactivas de oxígeno (EROs), así como también por las especies reactivas de nitrógeno (RNS), que se producen tanto en procesos fisiológicos normales como en situaciones patológicas (Corrales y Ariza, 2012).

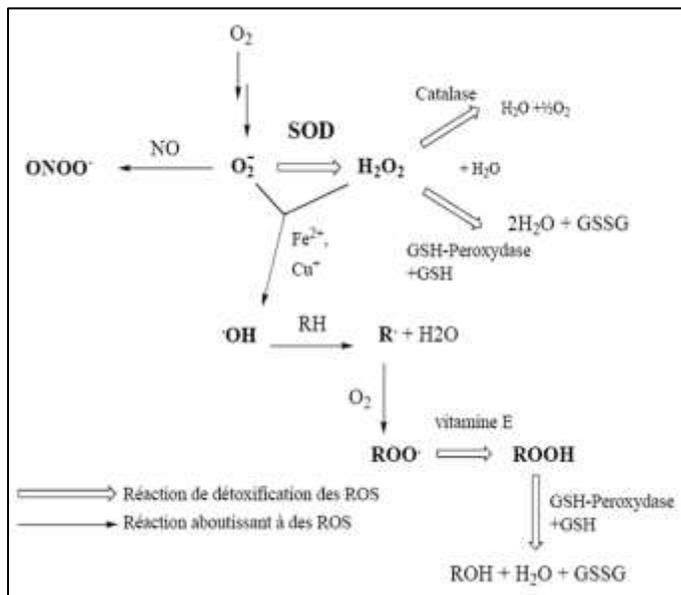
El anión superóxido y el peróxido de hidrógeno son ejemplos de EROs, los cuales se relacionan con distintas respuestas orgánicas y ejercen su metabolismo por algunas enzimas antioxidantes (Figura 6). En este sentido, cuando se presenta un desequilibrio entre la producción de EROs y los antioxidantes, se inician reacciones oxidativas en cadena y peroxidación lipídica, lo que ocasiona deterioro celular grave (Jaramillo *et al.*, 2005).

Otro tipo de enzimas antioxidantes que se pueden encontrar en la célula son: el superóxido dismutasa (SODx) y glutatión peroxidasa (GSH-Px) (Jaramillo *et al.*, 2005), que son encargadas de catalizar reacciones que reducen los EROs, y evita que se presente estrés oxidativo (Miller, et al., 1993). Algunos oligoelementos como el cobre (Cu), el hierro (Fe), el manganeso (Mn) y el zinc (Zn) forman parte de la estructura proteica de la SOD; mientras que el selenio (Se) forma parte de la GSH-Px, y donde ambas enzimas se encuentran en el citosol y la función principal es la reducción del anión superóxido y del peróxido de hidrógeno, respectivamente, lo que permite generar protección a la célula y al organismo (Jaramillo *et al.*, 2005).

La Figura 6, nos muestra un resumen del mecanismo de acción de la enzima superóxido dismutasa y cómo es su funcionamiento ante la respuesta fisiológica de defensa contra las ERO.

Figura 6.

Mecanismo enzimático de la SODx



Fuente: Guías de bioquímica metabólica; Granados (2020)

9.4 Perfil acido-base

9.4.1 Influencia del ejercicio sobre el pH.

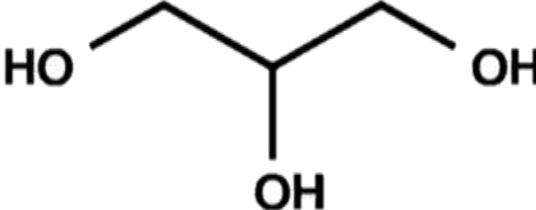
El equino deportista realiza ciertos movimientos musculares donde se requieren procesos fisiológicos y de contracción, para ello se produce liberación de hidrogeniones (H^+) causando que los músculos y la sangre del animal sufran un proceso de acidificación (Hinchcliff *et al.*, 2004).

La acidificación muscular también es provocada por el lactato, el ejercicio de alta densidad requiere que se realice el metabolismo oxidativo, ya que al existir falta de oxígeno las células liberan energía. En animales vertebrados el mismo organismo compuesto por diferentes sistemas, son los encargados de regular y generar reacciones amortiguadoras que por consecuencia de una actividad física de rendimiento causan la liberación de componentes ácidos. Los metabolitos y el sistema vascular juegan un papel muy importante debido a que son los encargados de distribuir los agentes que acidifican y controlan la alteración de pH que ocurre en el organismo provocado por la eliminación de CO_2 por parte de los pulmones (Chaparro, 2015).

Glicerol (1,2,3 propanotriol).

El glicerol como se conoce comúnmente ($C_3H_8O_3$) (Figura 6), es nombrado como 1,2,3 propanotriol en su estructura IUPAC. Se conoce dentro de los grupos de los alcoholes que posee tres carbonos junto a tres grupos hidroxilos ($-OH$) (tabla 5), y por este motivo es un elemento higroscópico, soluble en alcoholes y en agua, levemente soluble en disolventes orgánicos e insoluble en hidrocarburos. Dicho compuesto se conoce comúnmente a la venta como glicerina, su presentación es líquida, no posee color y es de textura líquida y su sabor es dulce (Lafuente, 2017).

Tabla 5.*Características y propiedades moleculares del Glicerol*

Característica	Indicador
Fórmula estructural	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$
Fórmula molecular	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$
Representación estructural	
Nombre IUPAC	1,2,3 propanotriol
Nombre común	Glicerol o glicerina
Peso molecular (M)	92,09 g/ mol
Riqueza de carbono	39,09%
Riqueza de oxígeno	52,12%
Densidad (d)	1,26 g/ mL
Viscosidad (η)	1500 centipoisse (cP)

Fuente: (Adaptado de Granados, J, García, J, 2011)

La producción de este biocombustible ha aumentado a 875.200 toneladas (t) por año (Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia, 2019). Esta industria genera un subproducto de un alto valor energético que ha sido de gran interés en la alimentación animal para aumentar producción en las especies; es así como por cada litro de biodiesel producido se pueden llegar a generar 79g de glicerina cruda (Lafuente, 2017). De acuerdo a esto, en Colombia hay capacidad para producir 60.700 t de glicerina cruda al año con una densidad de 1,3 g/mL, definiendo en un 80% de glicerol puro. En el proceso de producción de biodiesel a partir de aceite de palma crudo y la obtención de la glicerina cruda en la generación de bioetanol, se ha encontrado que la glicerina es una alternativa viable en comparación con materias primas como el maíz y la caña de azúcar, porque este requiere menores costos en su procesamiento, genera menores emisiones de gases invernadero en su producción y contiene baja toxicidad al emplear levaduras *Saccharomyces cerevisiae* (Ordoñez, 2014).

10.1 Metabolismo del 1,2,3 propanotriol (Glicerol)

El glicerol aparece normalmente en pequeñas cantidades en la célula, cuando es ingerido, su composición en mayoría hace parte de los triglicéridos cuando se formula una dieta, la absorción de este componente se da de forma pasiva en la sangre mesentérica y luego de esto se dirige al sistema sanguíneo porta, en algunas ocasiones puede ser un precursor para la resíntesis de triglicéridos cuando éste se encuentra en las células de la mucosa intestinal (Shields, 2009).

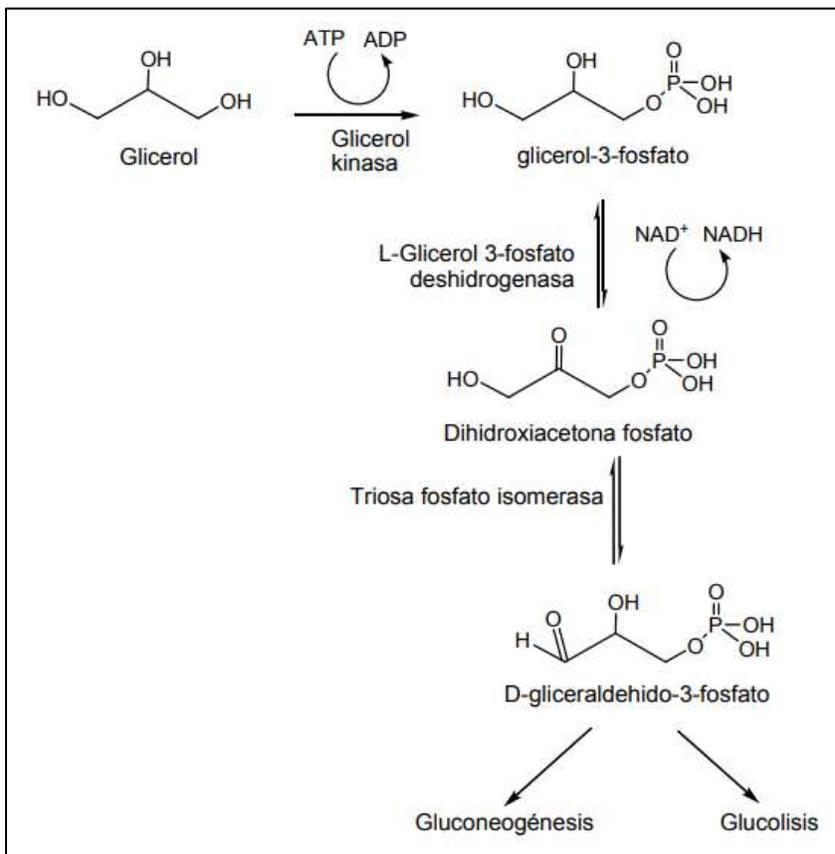
Las aquagliceroponinas sirven como transmisores para que el glicerol que se encuentra en la sangre sea tomado por las células por gradiente osmótico o de concentración. En el citoplasma de la célula dicho glicerol es activado a glicerol 3-fosfato en donde queda retenido por inhabilidad para poder atravesar la membrana celular (Ordoñez, 2014). El metabolismo de este producto bioenergético es regulado por la enzima glicerol quinasa en el hígado y riñón donde también hay activación del glicerol a glicerol 3-fosfato, las únicas fuentes energéticas que activan esta enzima son el ATP, UDP y CTP (Shields, 2009).

Existe otra enzima indispensable en el metabolismo del glicerol, la glicerol 3 fosfato oxidorreductasa, ya que realiza el proceso de catabolismo de glicerol 3 fosfato a dihidroxiacetona

fosfato (DHA), también cumple funciones de aportar a la síntesis de fosfolípidos y triglicéridos, y también manteniendo los niveles de NAD en los procesos donde debe ocurrir la gluconeogénesis. La relación entre el funcionamiento de esta enzima y los corticoides es evidencial, cuando hay una adición de cortisol y hormonas corticotrópicas su funcionamiento aumenta, pero disminuye con la eliminación de las glándulas adrenales o la hipófisis. Así mismo existe una activación de esta enzima cuando hay presencia de hormonas tiroideas. Estando el animal en ejercicio o en una temperatura corporal aumentada la glicerol 3fosfato deshidrogenasa aumenta la acción en el tejido adiposo, de tal manera que puede tomar la vía de la gluconeogénesis o se puede oxidar en la vía de la glucolisis con producción de 22 mol de ATP por cada mol de glicerol. Cuando este compuesto no pueda ser activado a glicerol 3 fosfato se reduce la eficiencia energética por la limitación de la actividad enzimática mencionada anteriormente y será eliminado por la orina (Ordoñez, 2014).

Figura 7.

Metabolismo del glicerol



Fuente: Ordoñez (2014)

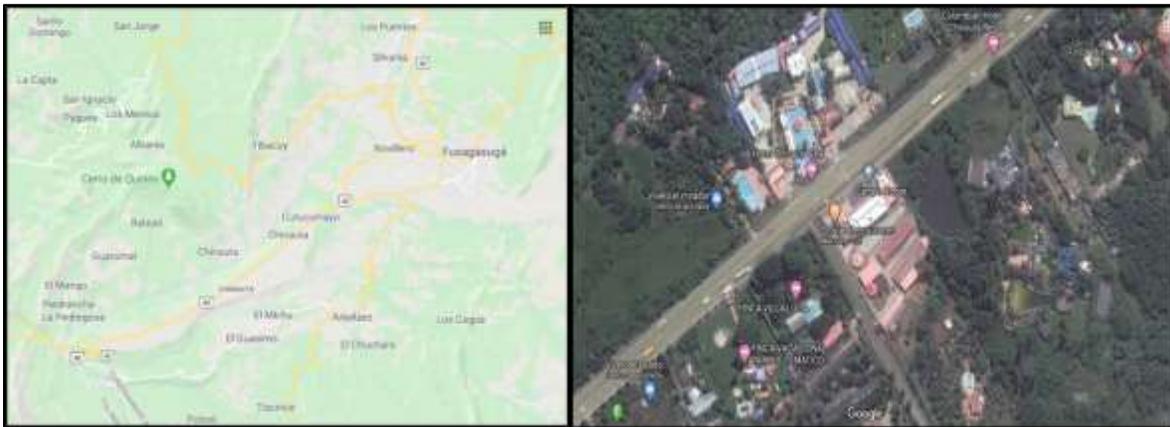
11. Materiales y métodos

11.1 Localización del experimento

El experimento se desarrolló en el criadero “El Chalán” localizado en el corregimiento Chinauta, municipio de Fusagasugá –Cundinamarca, ubicado a 85 km suroccidente de Bogotá (ver Figura 8). La altura promedio es de 1.728 metros sobre nivel del mar y una precipitación aproximada a los 1462 mm, temperatura promedio de 21 C.

Figura 8.

Localización del criadero “El chalán”



Fuente: Google maps: https://satellites.pro/mapa_de_Fusagasuga

11.2 Instalaciones agropecuarias

El criadero “El Chalán” (Figura 9). ubicado en el corregimiento de Chinauta en el municipio de Fusagasugá-Cundinamarca, cuenta con 50 ejemplares estabulados de diferentes razas, edades, y destino deportivo, aproximadamente la finca posee un área total de dos hectáreas (20.000 m²) y las pesebreras de cada equino aproximadamente de 3x2.5m, cuenta con comederos de concreto y bebederos de plástico automáticos para cada uno. Posee sus pisos en concreto y las camas de los caballos con aserrín, de igual manera tiene su picadero donde se realiza el trabajo diario de cada caballo y su pista para entrenamiento a exposiciones.

Figura 9.

Instalaciones de las pesebreras del criadero el chalán



Fuente: Autores (2020)

11.3 Unidades experimentales

Como se muestra en la figura 10, se observa un ejemplar hembra color castaño, modalidad trote y galope, de bonitas hechuras, rasgos muy femeninos y de unos excelentes aplomos.

Las unidades experimentales escogidas para el experimento fueron 16 equinos en total machos (8) y hembras (8) de raza criolla colombiana, con edades comprendidas entre los 5 y los 13 años y de diferentes modalidades (Machos: P₁:1, P₂:1, P₃:3, P₄:2) (Hembras: P₁:1, P₂:1, P₃:3, P₄:2).

Son equinos con una preparación física moderada, destinados a pista de exposición, poseen registro ante el ICA y se encontraban clínicamente sanos, con vermifugación y plan de vacunación al día; alimentados comúnmente con pasto de corte King Grass (*Penisetum purpureum*, heno a voluntad y 2 kg de concentrado “finca”

Figura 10.

Equino yegua CCC de 4 años



Fuente: Autores (2019)

11.4 Tratamientos

Los tratamientos aplicados a los sujetos experimentales correspondieron a lo mostrado en la tabla 6.

Tabla 6.*Descripción de tratamientos o muestras*

Tratamiento o muestra	Descripción
T1	Testigo machos
T1	Testigo hembras
T2	Equinos machos suplementados con 300g de 1,2,3-propanotriol
T2	Equinos hembras suplementadas con 300g de 1,2,3-propanotriol
T3	Equinos machos suplementados con 400g de 1,2,3-propanotriol
T3	Equinos hembras suplementadas con 400g de 1,2,3-propanotriol
T4	Equinos machos suplementados con 500g de 1,2,3-propanotriol
T4	Equinos hembras suplementadas con 500g de 1,2,3-propanotriol

Fuente: Autores (2019)

11.5 Variables evaluadas

Las variables dependientes corresponderán a los indicadores de perfil metabólico (proteína, glucosa, BUN y SODx), y los indicadores fisiológicos (temperatura basal, frecuencia cardiaca y frecuencia respiratoria) las cuales se determinaron al inicio y finalización del experimento.

Los parámetros fisiológicos y morfométricos se calcularon en campo a los 16 equinos; los metabolitos sanguíneos se hallaron en el laboratorio de bioquímica de la universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá, utilizando técnicas y procedimientos descritos en la siguiente tabla (tabla 7).

Tabla 7.

Descripción de variables evaluadas y sus métodos de análisis

Número	Tipo de variable	Variable evaluada	Símbolo/ Unidad	Método
1	Indicadores fisiológicos	Frecuencia respiratoria	FR (rpm)	Auscultación fonendoscopio littmann classic II SE
2		Frecuencia cardiaca	FC (lpm)	Auscultación fonendoscopio littmann classic II SE
3		Temperatura corporal	T° (°C)	Termómetro laser QQZM TF-600
4	Indicadores perfil metabólico	Potencial de hidrógeno	pH	Medición multiparamétrica HandyLab 780
5		Glucosa	Glu (mg/dl)	Espectrofotómetro GENESYS UV/VIS P.I 45009T
6		Proteínas totales	PPT (g/dL)	Espectrofotómetro GENESYS UV/VIS P.I 45009T
7		Superóxido dismutasa	SODx (UA /g.min)	Espectrofotómetro GENESYS UV/VIS P.I 45009T
8		Nitrógeno ureico en sangre	BUN (mg/dL)	Espectrofotómetro GENESYS UV/VIS P.I 45009T
9	Indicadores ambientales	Humedad relativa	HR (%)	Medidor de CO2 ref amprobe CO2 – 100
10		Temperatura ambiental	T° (°C)	Medidor de CO2 ref amprobe CO2 – 100
11		Gas carbónico	CO ₂ (%)	Medidor de CO2 ref amprobe CO2 – 100

Fuente: Autores (2020)

11.6 Diseño experimental

Los equinos seleccionados fueron distribuidos mediante diseño en bloques completamente al azar (DBCA), con el sexo como factor de bloqueo y cuatro dosis de 1,2,3-propanotriol suplementados, lo cual produjo ocho tratamientos (T), dos réplicas por tratamiento (R1 y R2), un equino por cada réplica, para un total de 16 sujetos experimentales. Las muestras se tomaron en dos momentos (antes y después del ejercicio) La distribución se encuentra en la tabla 8.

Tabla 8.

Distribución de factores tratamientos y réplicas dadas por el estudio para las unidades experimentales

Dosis (1,2,3 propanotriol gr)	Bloque	Tratamiento	R1	R2
0	Machos	T1	T1R1	T1R2
0	Hembras	T1	T1R1	T1R2
300	Machos	T2	T2R1	T2R2
300	Hembras	T2	T2R1	T2R2
400	Machos	T3	T3R1	T3R2
400	Hembras	T3	T3R1	T3R2
500	Machos	T4	T4R1	T4R2
500	Hembras	T4	T4R1	T4R2

Tratamientos: T; Réplicas: R

Fuente: Autores (2019)

El modelo matemático del análisis en bloques completamente al azar (DBCA) utilizado para analizar las variables del experimento se encuentra a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \alpha_k + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Observación en la unidad experimental (variables dependientes)

μ = Media poblacional

τ_i = Parámetro, efecto del tratamiento (dosis de 1,2,3 propanotriol)

β_j = Parámetro, efecto del bloque j (sexaje de los animales)

α_k = Parámetro, efecto del momento (inicio, final)

ε_{ij} = Valor aleatorio, error experimental de la u.e. i,j

11.7 Análisis estadístico

Se hallaron estadígrafos de tendencia central y de dispersión para cada variable evaluada; Así mismo, los datos se sometieron al análisis de varianza de dos factores con una y varias muestras por grupo (ANAVA) con el fin de determinar diferencias estadísticas entre tratamientos y el efecto del bloqueo; igualmente, se utilizó la comparación múltiple de medias de Duncan y una prueba de correlación de Pearson que exploró la asociación entre las variables evaluadas (prueba de Shapiro Wilks y homocedasticidad), y el método de estadística no paramétrica (Kruskal Wallis); Los datos fueron evaluados mediante Excel (office 365) e INFOSTAT versión 2020.

12. Metodología

12.1 Procedimiento en campo

El procedimiento que llevamos a cabo en la toma de muestras se dividió en fases las cuales fueron de gran apoyo para el trabajo de campo, donde se evidencia la toma de constantes fisiológicas y morfológicas junto al suministro de glicerol a las unidades experimentales (Figura 11)

Figura 11.

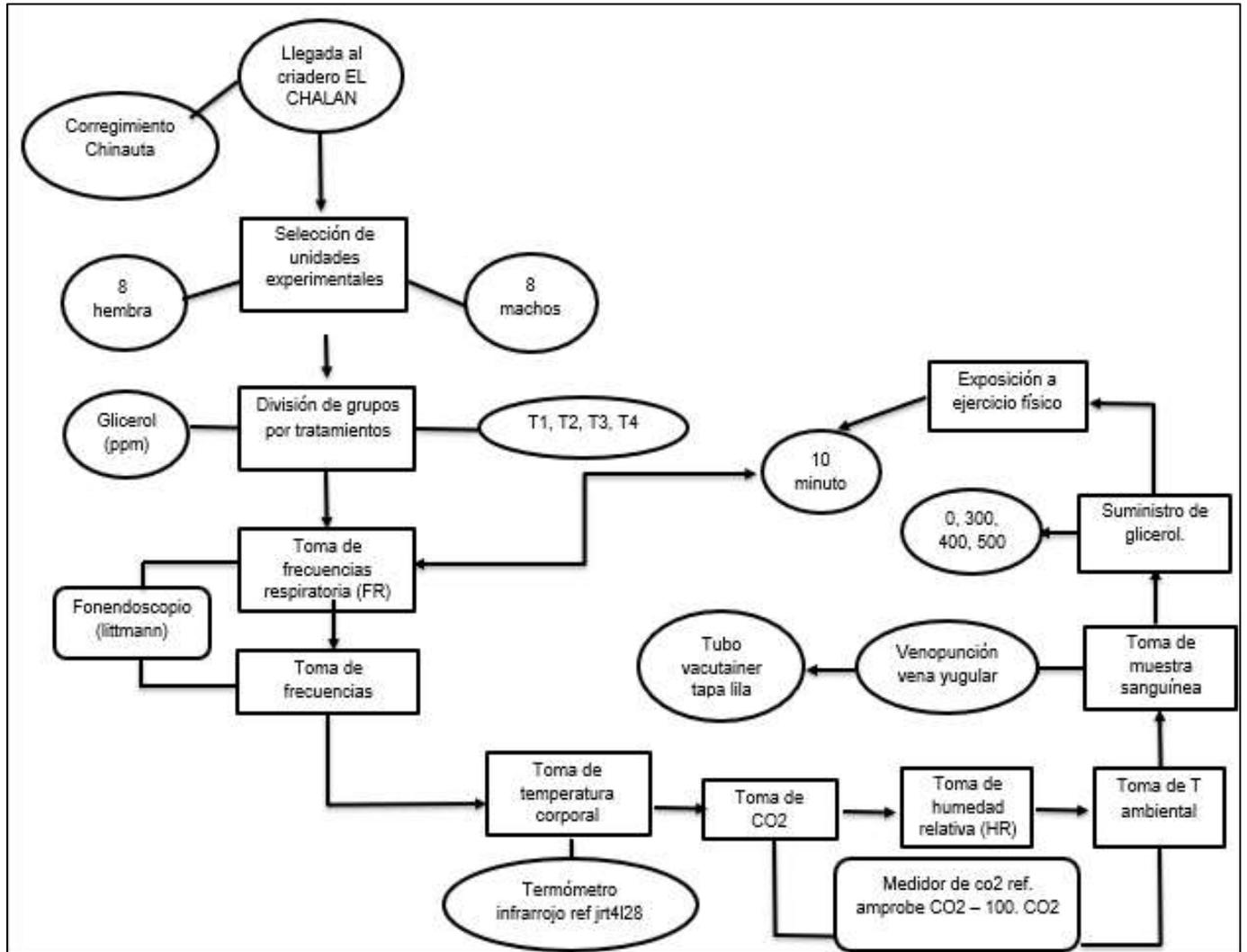
Toma de indicadores fisiológicos y suministro de glicerol a las unidades experimentales



Fuente: Autores (2020)

Figura 12.

Procedimiento en campo



Fuente: Autores (2020)

Se tuvieron en cuenta las horas exactas donde se realizó cada uno de los procedimientos con el fin de evitar variabilidad al momento de obtener los resultados y que el procedimiento en campo fuera lo más homogéneo posible para cada unidad experimental, tal como lo muestra la tabla 9 y 10.

Tabla 9.

Intervalos de tiempo en muestreos de campo antes y después del ejercicio con el suministro del 1,2,3 propanotriol en machos.

Nombre ejemplar	Tratamiento	Dosis glicerol (g)	Hora 1 toma de constantes fisiológica y muestra sanguínea	Hora 2 Suministro de glicerol	Hora 3 Comienzo de la actividad física	Hora 4 Fin de la actividad física	Hora 5 toma de constantes fisiológicas y muestra sanguínea
Faraón	T ₁	0	8:00	8:10	8:20	8:30	8:30
Trillador	T ₁	0	8:00	8:10	8:20	8:30	8:30
Príncipe	T ₂	300	8:35	8:45	8:55	9:05	9:05
Estelar	T ₂	300	8:35	8:45	8:55	9:05	9:05
General	T ₃	400	9:10	9:20	9:30	9:40	9:40
Bailarín	T ₃	400	9:10	9:20	9:30	9:40	9:40
Júpiter	T ₄	500	10:05	10:15	10:25	10:35	10:35
Jugueton	T ₄	500	10:05	10:15	10:25	10:35	10:35

Fuente: Autores (2020)

Tabla 10.

Intervalos de tiempo en muestreos de campo antes y después del ejercicio con el suministro del 1,2,3 propanotriol en hembras.

Nombre ejemplar	Tratamiento	Dosis glicerol (g)	Hora 1 toma de constantes fisiológica y muestra sanguínea	Hora 2 Suministro de glicerol	Hora 3 Comienzo de la actividad física	Hora 4 Fin de la actividad física	Hora 5 toma de constantes fisiológicas y muestra sanguínea
India	T ₁	0	12:15	12:25	12:35	12:45	12:45
La Santa	T ₁	0	12:15	12:25	12:35	12:45	12:45
Divina	T ₂	300	1:00	1:10	1:20	1:30	1:30
Ilusión	T ₂	300	1:00	1:10	1:20	1:30	1:30
Yegua x	T ₃	400	1:35	1:45	1:55	2:05	2:05
Triunfadora	T ₃	400	1:35	1:45	1:55	2:05	2:05
Victoria	T ₄	500	2:20	2:30	2:40	2:50	2:50
Lucero	T ₄	500	2:20	2:30	2:40	2:50	2:50

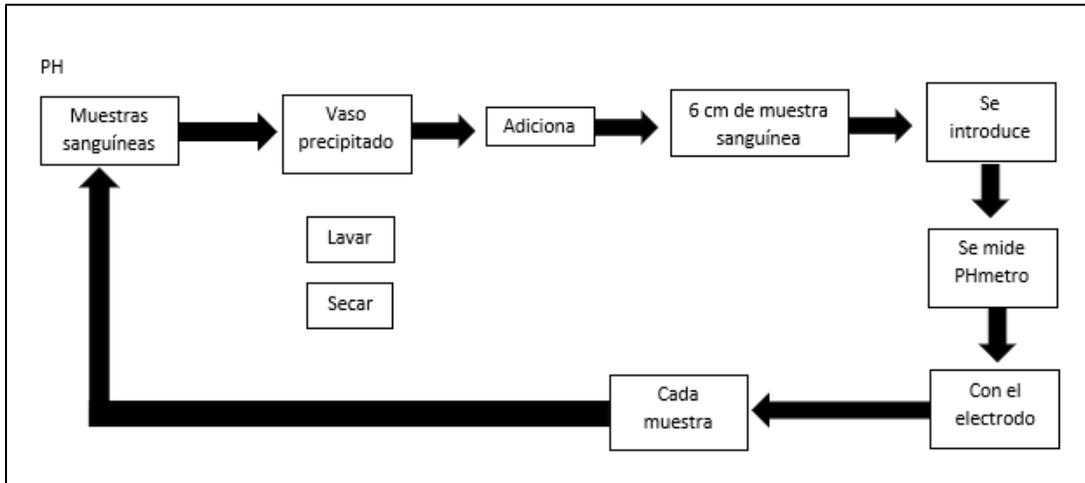
Fuente: Autores (2020)

12.2 Procedimiento en laboratorio

12.2.1 Determinación de pH.

Figura 13.

Determinación de pH

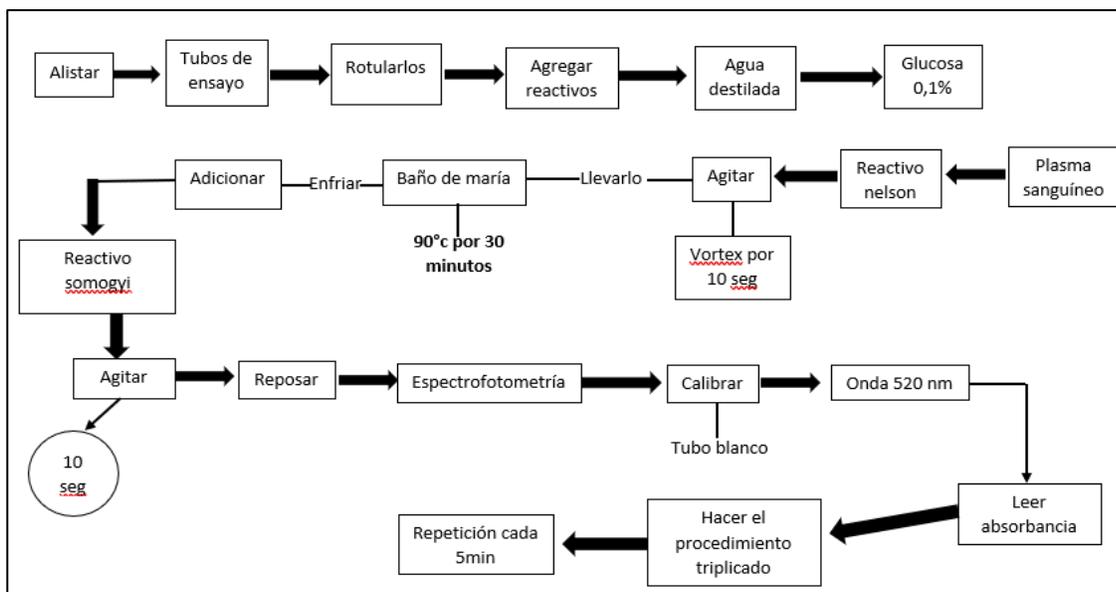


Fuente: Autores (2020)

12.2.2 Determinación de glucosa por el método de Nelson-Somogyi.

Figura 14.

Determinación de glucosa

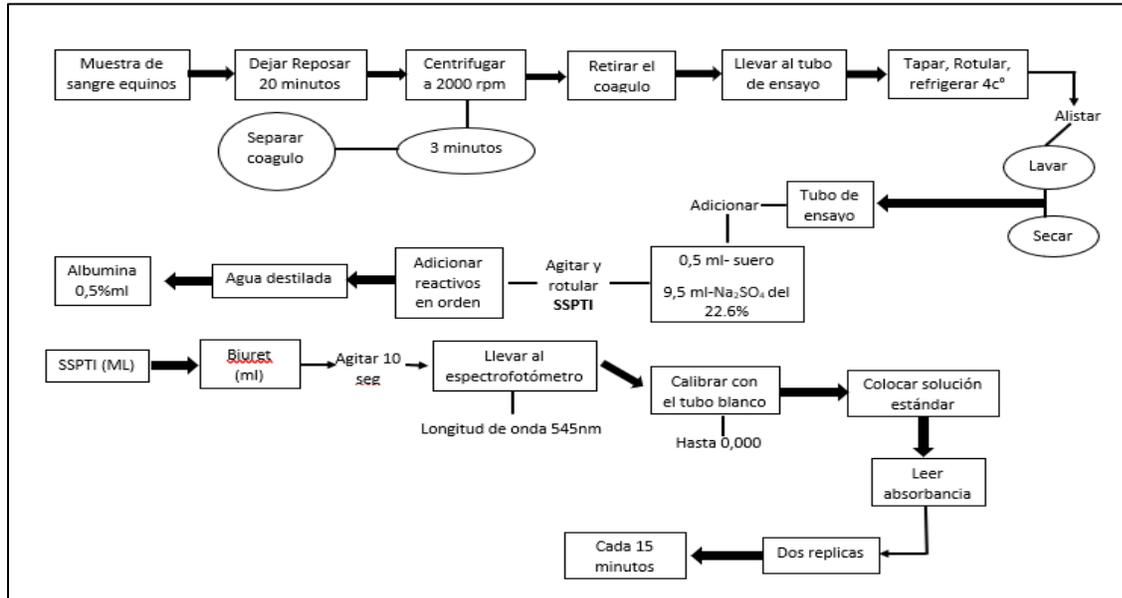


Fuente: Autores (2020)

12.2.3 Determinación de proteína total en suero sanguíneo por método Biuret-Lowry.

Figura 15.

Determinación de proteína

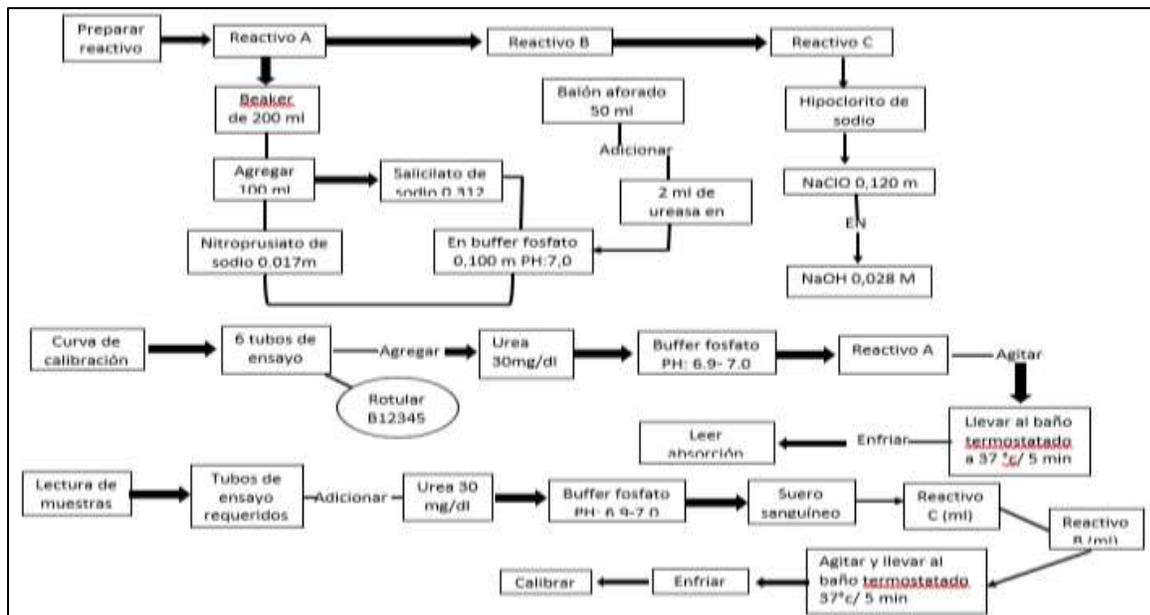


Fuente: Autores (2020)

12.2.4 Determinación del BUN por método espectrofotométrico.

Figura 16.

Determinación de BUN

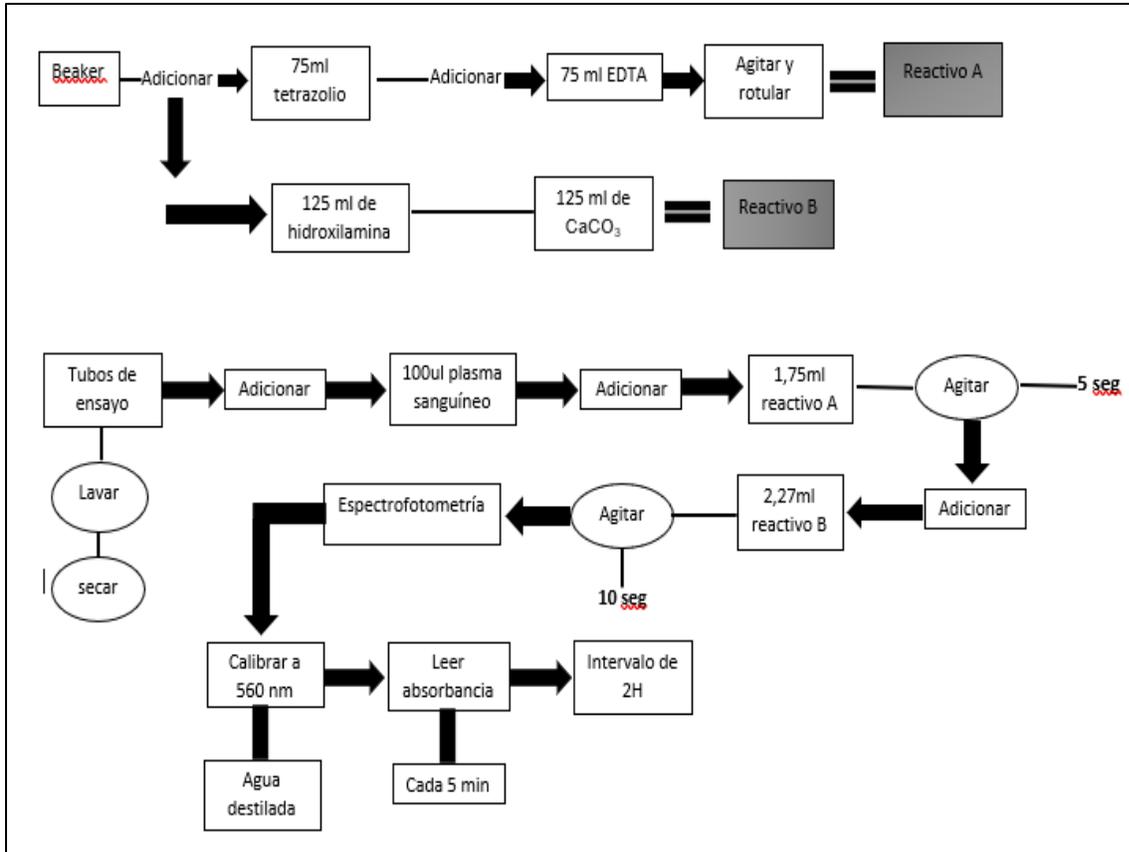


Fuente: Autores (2020)

2.2.5 Determinación de la enzima superóxido dismutasa (SODx)

Figura 17.

Determinación de SODx



Fuente: Autores (2020)

13. Resultados

13.1 Indicadores fisiológicos

Frecuencia cardíaca (FC) (latidos por minuto: lpm)

La siguiente tabla muestra FC promedio de hembras y machos al inicio de la investigación:

Tabla 11.

Frecuencia cardíaca de sujetos experimentales al inicio y finalización del experimento

Sexo	Tratamientos (g glicerol)	FC promedio (rpm)	
		Inicio	Final
Machos	T ₁ : 0	35,5	136,0
	T ₂ : 300	36,0	153,5
	T ₃ : 400	38,5	154,0
	T ₄ : 500	39,5	137,5
Hembras	T ₁ : 0	38,0	147,0
	T ₂ : 300	39,5	147,0
	T ₃ : 400	36,0	135,5
	T ₄ : 500	38,0	155,0

T: Tratamientos; FC: Frecuencia cardíaca; lpm: latidos por minuto

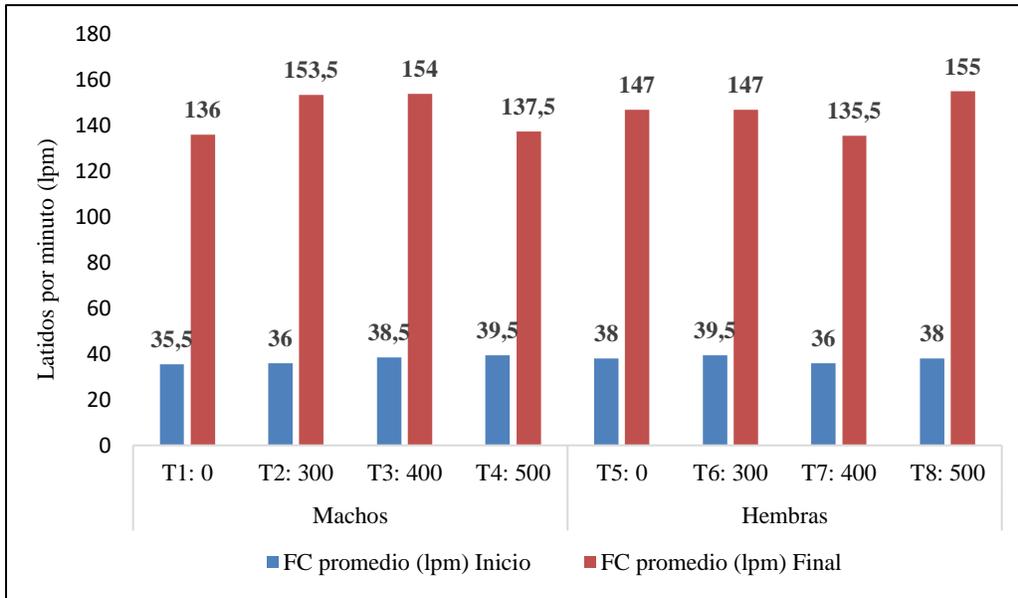
Con respecto a la tabla 11, se indica que la frecuencia cardíaca de los equinos estudiados al inicio del experimento se mantuvo en un rango de 35,5 lpm hasta 39,5 lpm, de tal forma que el promedio de los machos fue de 37,37 +/- 1,931 lpm y el de las hembras 37,87 +/- 1,436 lpm.

Con relación a los datos analizados al final del experimento, se indica que la frecuencia cardíaca de los equinos presentó un rango de 135,5 lpm hasta 155,0 lpm, de tal forma que el promedio de los machos fue de 145,25 +/- 9,836 lpm y las hembras presentaron una FC promedio de 146,12 +/- 8,024lpm;

Cuando se realizó el análisis de varianza (ANOVA) no paramétrico por el método de Kruskal Wallis se encontró que no se presentaron diferencias estadísticas entre sexo (P=0,939), tratamientos (P=0,856) y se presentaron diferencias altamente significativas entre momentos (P=0,0002) lo que indica que la frecuencia cardíaca antes del experimento fue basal, y al momento de someter las unidades experimentales al ejercicio físico ocurrieron cambios fisiológicos no afectados específicamente con el objetivo del proyecto.

Figura 18.

Promedio de frecuencia cardiaca (FC) de los equinos antes y después del experimento



En la figura 18 se observa que para los machos existe una diferencia para cada momento (T₁:100,5 lpm; T₂:117,5 lpm; T₃:115,5 lpm; T₄:98 lpm). La mayor diferencia se presentó en el tratamiento 2 al que se le suministró 300gr de 1,2,3 propanotriol, siendo el valor de FC promedio de los machos superior a los demás, antes del experimento (153,5 lpm).

Para las hembras (T₁:109 lpm; T₂:107,5 lpm; T₃:99,5 lpm; T₄:117 lpm). La mayor diferencia se presentó en el tratamiento 4, donde se suministró 500g de 1,2,3 propanotriol, siendo la FC promedio de (155 lpm) el mayor a comparación de los demás valores

Frecuencia respiratoria (FR) (respiraciones por minuto: rpm)

La siguiente tabla muestra FR promedio de hembras y machos al inicio de la investigación:

Tabla 12.

Frecuencia respiratoria de sujetos experimentales al inicio y finalización del experimento

Sexo	Tratamientos (g glicerol)	FR promedio (rpm)	
		Inicio	Final
Machos	T ₁ : 0	8,5	79
	T ₂ : 300	10	87
	T ₃ : 400	12	91
	T ₄ : 500	10,5	75
Hembras	T ₁ : 0	12	85,5
	T ₂ : 300	30	83,5
	T ₃ : 400	9	75
	T ₄ : 500	13,5	80,5

T:Tratamientos; **FR:** Frecuencia respiratoria; **rpm:** Respiraciones por minuto

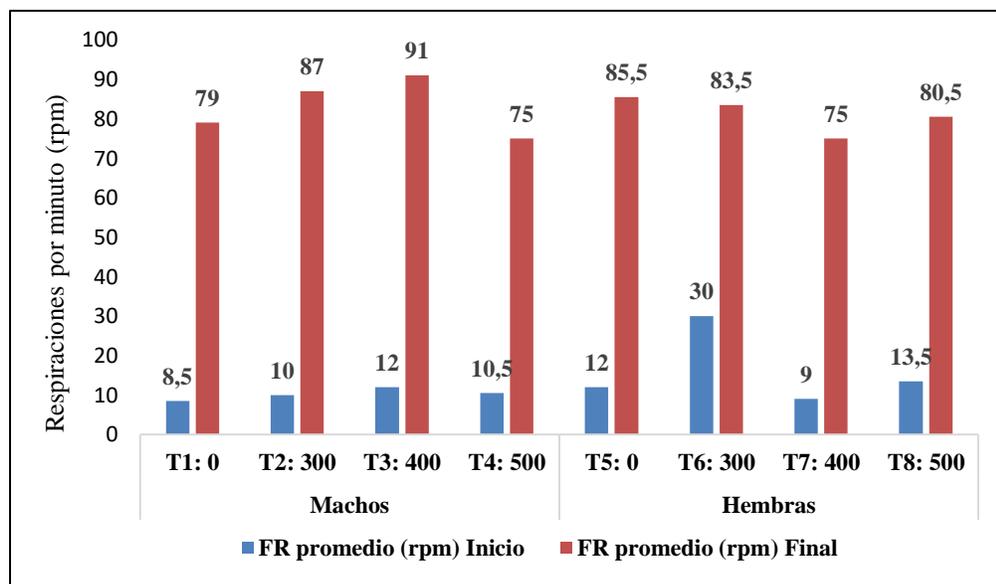
Con respecto a la tabla 12, se indica que la frecuencia respiratoria de los equinos estudiados al inicio del experimento presentó un rango de 8,5rpm hasta 30rpm, de tal forma que el promedio de los machos fue de 10,25 +/- 1,443 rpm y las hembras presentaron una FR promedio de 16,12 +/- 9,437 rpm

Con relación a los datos analizados al final del experimento, se indica que la frecuencia cardiaca de los equinos presentó un rango de 75 rpm hasta 91 rpm, de tal forma que el promedio de los machos fue de 83 +/- 7,302 rpm y las hembras presentaron una FR promedio de 81,12 +/- 4,571 rpm.

Cuando se realizó el análisis de varianza (ANOVA) no paramétrico por el método de Kruskal Wallis se encontró que no se presentaron diferencias estadísticas entre sexo (P=0,778), tratamientos (P=0,944) y se presentaron diferencias altamente significativas entre momentos (P=0,0002) lo que indica que la relación estadística se debe a el esfuerzo físico de las unidades experimentales al verse significativamente aumentadas la FR

Figura 19.

Promedio de frecuencia respiratoria de sujetos experimentales antes y después del experimento



En la figura 19, se observa que para los machos existe una diferencia para cada momento (T₁:70,5 rpm; T₂:77 rpm; T₃:79 rpm; T₄:64,5 rpm). La mayor diferencia se presentó en el tratamiento 3 el cual fue suministrado con 400g de 1,2,3 propanotriol, obteniendo una FR promedio en los equinos de (91 rpm) mayor que los demás

Para las hembras (T₁:73,5 rpm; T₂:53,5 rpm; T₃:66 rpm; T₄:67rpm). Analizando que la diferencia más alta se presentó en el T1 donde se obtuvo el mayor valor (85,5 rpm) luego del ejercicio para yeguas, obteniendo como resultado un nivel de significancia entre este tratamiento y los demás

Temperatura (T) (°C)

La siguiente tabla muestra T° promedio de hembras y machos al inicio de la investigación:

Tabla 13.

Temperatura de sujetos experimentales al inicio y finalización del experimento

Sexo	Tratamientos (g glicerol)	T promedio (°C)	
		Inicio	Final
Machos	T ₁ : 0	38,2	37,8
	T ₂ : 300	37,9	38,5
	T ₃ : 400	37,9	38,3
	T ₄ : 500	37,8	38,2
Hembras	T ₅ : 0	37,7	38
	T ₆ : 300	37,6	38,1
	T ₇ : 400	37,8	38,2
	T ₈ : 500	38,1	38,6

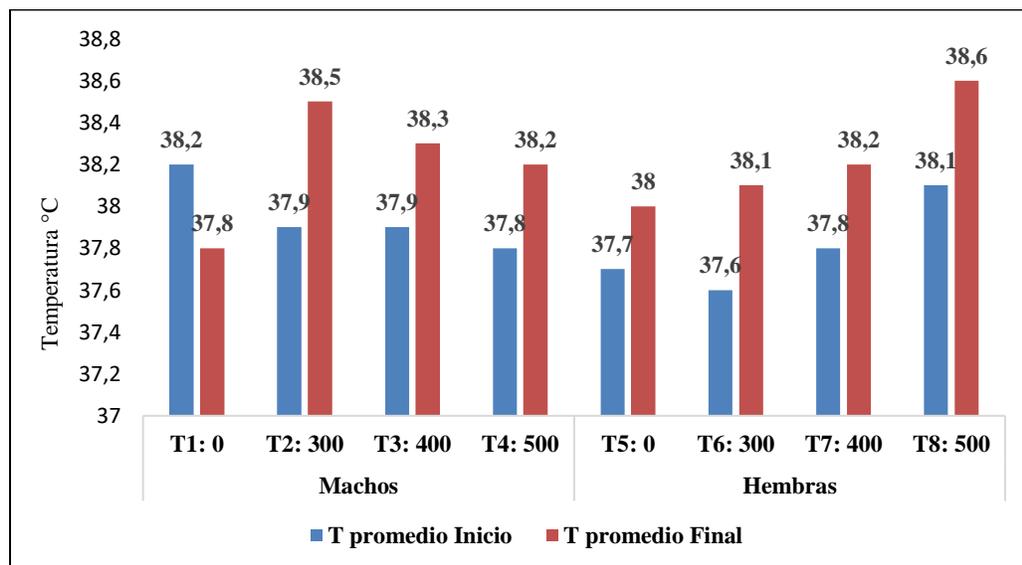
T:Tratamientos; **T°:** Temperatura; **°C:** Grados celsuis

Con respecto a la tabla 13, se indica que la temperatura de los equinos estudiados al inicio del experimento presentó un rango de 37,6°C hasta 38,2°C, de tal forma que el promedio de los machos fue de 37,95 +/- 0,173°C y las hembras presentaron una temperatura promedio de 37,8 +/- 0,216°C;

Con relación a los datos analizados al final del experimento, se indica que la temperatura de los equinos presentó un rango de 38°C rpm hasta 38°C, de tal forma que el promedio de los machos fue de 38,2 +/- 0,294°C y las hembras presentaron una temperatura promedio de 38,22 +/- 0,262°C.

Figura 20.

Promedio de temperatura de sujetos experimentales antes y después del experimento



En la figura 20, se observa que para los machos existe una diferencia para cada momento (T₁:0,4 rpm; T₂:0,6 rpm; T₃:0,4 rpm; T₄:0,4 rpm). La mayor diferencia se presentó en el tratamiento 2 donde el 1,2,3 propanotriol dado a los equinos fue de 300g, presentando un valor promedio de (38,5°C) dato superior a los demás.

Para las hembras (T₁:0,3 rpm; T₂:0,5 rpm; T₃:0,4 rpm; T₄:0,5 rpm). La mayor diferencia se presentó en el tratamiento 4 suplementado con una cantidad de 1,2,3 propanotriol de 500g, presentando un promedio de (38,6°C), valor representativo por encima de los demás datos.

13.2 Indicadores metabólicos

Glucosa por método de Nelson-Somogyi

La siguiente tabla muestra glucosa (mg/dL) promedio de hembras y machos al inicio de la investigación:

Tabla 14.*Glucosa de sujetos experimentales al inicio y finalización del experimento*

Sexo	Tratamientos (g glicerol)	GLUC promedio (mg/dL)	
		Inicio	Final
Machos	T ₁ : 0	58,18	56,92
	T ₂ : 300	67,71	105,76
	T ₃ : 400	33,82	115,68
	T ₄ : 500	72,56	128,81
Hembras	T ₁ : 0	80,07	79,90
	T ₂ : 300	34,72	79,11
	T ₃ : 400	48,48	115,33
	T ₄ : 500	89,98	134,31

T:Tratamientos; **Gluc:** Glucosa

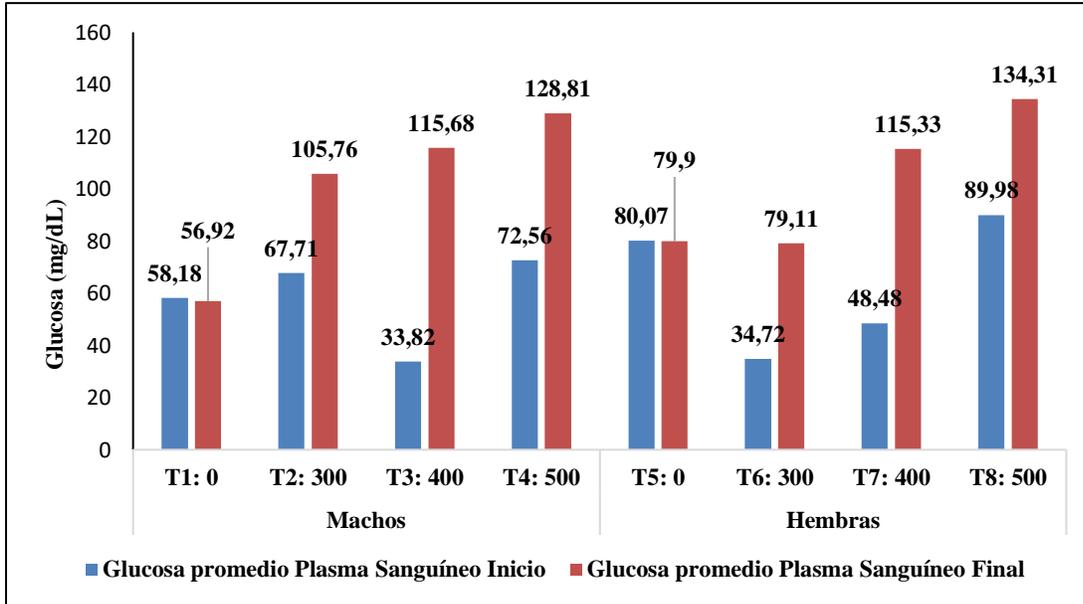
Con respecto a la tabla 14, se indica que la glucosa de los equinos estudiados al inicio del experimento presentó un rango de 33,82mg/dL hasta 89,98mg/dL, de tal forma que el promedio de los machos fue de 58,06 +/- 17,233 mg/dLy las hembras presentaron una glucosa promedio de 63,31 +/- 7,956mg/dL;

Con relación a los datos analizados al final del experimento, se indica que la glucosa de los equinos presentó un rango de 56,92g/dL hasta 134,31g/dL, de tal forma que el promedio de los machos fue de 101,79 +/- 31,369g/dL y las hembras presentaron glucosa promedio de 102,16 +/- 10,107g/dL.

Los datos de glucosa tuvieron una distribución normal, con respecto a Shapiro Wilks (P = 0,366); cuando se realizó el análisis de varianza (ANOVA) se encontró que no se presentaron diferencias estadísticas entre sexo (P=0,798), tratamientos (P=0,112), no obstante, se presentaron diferencias altamente significativas entre momentos (P=0,0032) lo que indica que probablemente el aumento de la energía a nivel metabólico muscular se relacionó con la suplementación de 1,2,3 propanotriol.

Figura 21.

Promedio de glucosa (GLU) de sujetos experimentales al inicio y finalización del experimento



En la figura 21, se observa que para los machos existe una diferencia para cada momento (T₁:1,26mg/dL; T₂:38,05mg/dL; T₃: 81,86mg/dL; T₄:56,25mg/dL). La mayor diferencia se presentó en el tratamiento 3 suplementado con (400g) de 1,2,3 propanotriol obteniendo un valor de glucosa promedio de (115,68mg/dL) superior a los demás datos. La menor diferencia se presentó en el tratamiento control.

Para las hembras (T₁:0,17 mg/dL; T₂:44,39mg/dL; T₃:66,85mg/dL; T₄:44,33mg/dL); concluyendo la mayor diferencia presentada en el tratamiento 3, con una adición de 1,2,3 propanotriol de (400g) con un valor promedio de glucosa de (115,33mg/dL) por encima de los demás promedios. La menor diferencia se presentó en el tratamiento control.

Proteínas plasmáticas totales

La siguiente tabla muestra PPT promedio de hembras y machos al inicio de la investigación:

Tabla 15.*Proteínas plasmáticas totales de sujetos experimentales al inicio y finalización del experimento*

Sexo	Tratamientos (g glicerol)	[PPT]promedio (g/dL)	
		Inicio	Final
Machos	T ₁ : 0	6,26	6,60
	T ₂ : 300	6,27	6,33
	T ₃ : 400	5,93	6,85
	T ₄ : 500	5,69	5,72
Hembras	T ₁ : 0	6,23	6,19
	T ₂ : 300	6,31	7,35
	T ₃ : 400	5,66	6,22
	T ₄ : 500	6,36	5,48

T: Tratamientos; **PPT:** Proteínas plasmáticas totales

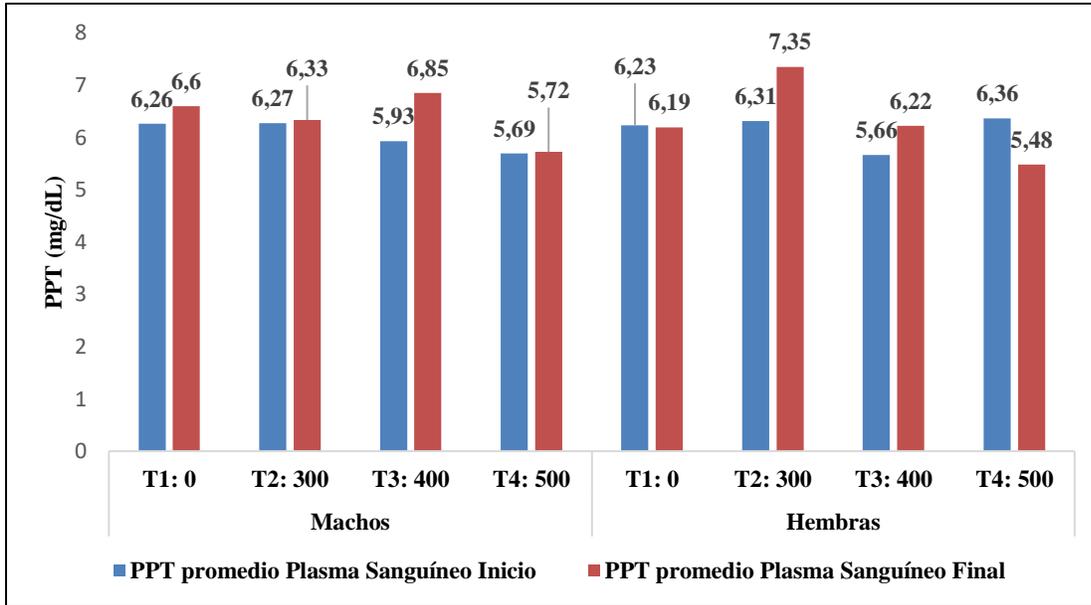
Con respecto a la tabla 15, se indica que la proteína plasmática total (PPT) de los equinos estudiados al inicio del experimento presentó un rango de 5,66g/dL hasta 6,36g/dL, de tal forma que el promedio de los machos fue de 6,06 +/- 0,280 g/dLy las hembras presentaron una PPT de 6,14 +/- 0,324g/dL;

Con relación a los datos analizados al final del experimento, se indica que las PPT de los equinos presentó un rango de 5,48g/dL hasta 6,85/dL, de tal forma que el promedio de los machos fue de 6,375 +/- 0,485/dL y las hembras presentaron una PPT promedio de 6,31 +/- 0,773g/dL.

Los datos PPT tuvieron una distribución normal, con respecto a Shapiro Wilks ($P = 0,484$); cuando se realizó el análisis de varianza (ANOVA) se encontró que no se presentaron diferencias estadísticas entre sexo ($P=0,932$), tratamientos ($P=0,163$) y momentos ($P=0,269$), indicando que la proteína plasmática total no tuvo cambios significativos entre tratamientos y momentos con la suplementación de glicerol, lo cual se puede explicar porque el metabolismo proteico en los equinos no tiene un efecto energético tan alto a nivel celular, como si lo efectúan los carbohidratos solubles reductores, especialmente la glucosa (Arias, 2000).

Figura 22.

Promedio de proteínas plasmáticas totales (PPT) de sujetos experimentales al inicio y finalización del experimento



En la figura 22 se observa que para los machos existe una diferencia para cada momento (T₁:0,34mg/dL; T₂:0,06mg/dL; T₃:0,93mg/dL; T₄:0,97mg/dL). La mayor diferencia se obtuvo en el tratamiento 3, el cual se relacionó con la dosis de (400g) de 1,2,3 propanotriol siendo la PPT 6,85mg/dL el dato superior.

Para las hembras (T₁:0,04 mg/dL; T₂:1,04mg/dL; T₃:0,56mg/dL; T₄:0,88mg/dL). La mayor diferencia se presentó en el tratamiento 2, con una dosis de (300g) de 1,2,3 propanotriol, con un valor de PPT de 7,35mg/dL el más elevado frente a los demás.

Nitrógeno ureico (BUN)

La siguiente tabla muestra BUN promedio de hembras y machos al inicio de la investigación:

Tabla 16.

Nitrógeno ureico de sujetos experimentales al inicio y finalización del experimento

Sexo	Tratamientos (g glicerol)	[BUN]promedio (mg/dL)	
		Inicio	Final
Machos	T ₁ : 0	17,41	18,48
	T ₂ : 300	18,29	18,72
	T ₃ : 400	14,89	18,0
	T ₄ : 500	15,72	19,22
Hembras	T ₁ : 0	17,16	16,394
	T ₂ : 300	17,20	17,987
	T ₃ : 400	18,98	19,58
	T ₄ : 500	17,68	15,60

T: Tratamientos; **BUN:** Nitrógeno ureico

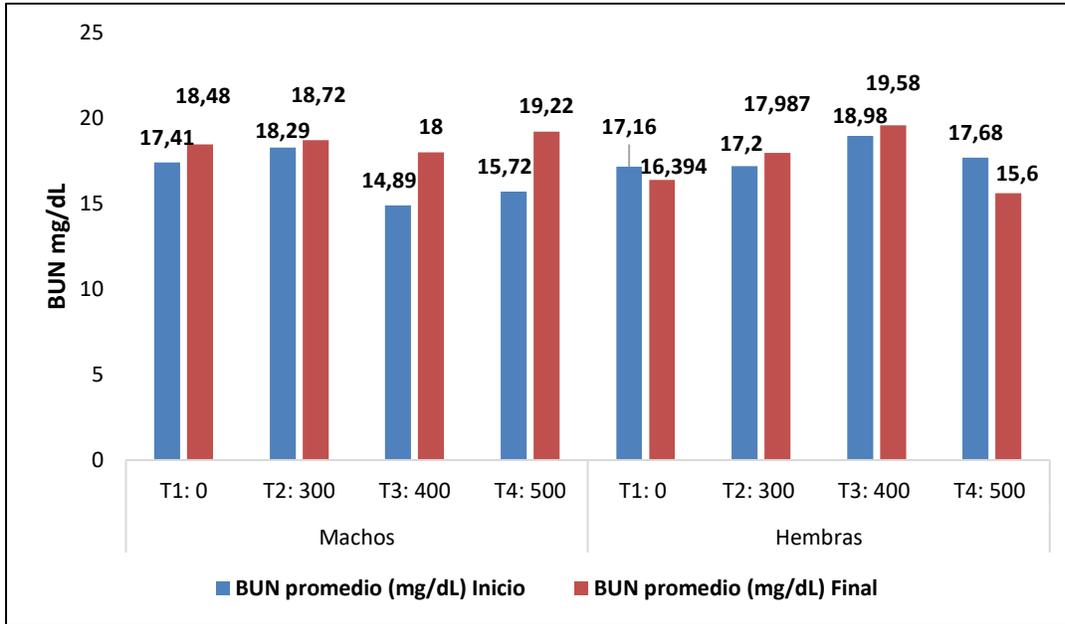
Con respecto a la tabla 16, se indica que el nitrógeno ureico (BUN) de los equinos estudiados al inicio del experimento presentó un rango de 14,89 mg/dL hasta 18,98 u/ml, de tal forma que el promedio de los machos fue de 16,57 +/- 1,550 mg/dL y el de las hembras 17,75 +/- 0,850 mg/dL

Con relación a los datos analizados al final del experimento, se indica que el BUN de los equinos presentó un rango de 15,60 mg/dL hasta 19,58 mg/dL, de tal forma que el promedio de los machos fue de 18,60 +/- 0,507 mg/dL y el de las hembras 17,39 +/- 4,170 mg/dL

Los datos de BUN tuvieron una distribución normal, con respecto a Shapiro Wilks (P = 0,517); cuando se realizó el análisis de varianza (ANOVA) se encontró que no se presentaron diferencias estadísticas entre sexo (P=0,979), tratamientos (P=0,779) y momentos (P=0,296)

Figura 23.

Promedio del nitrógeno ureico (BUN) de sujetos experimentales al inicio y finalización del experimento



En la figura 23 se observa que para los machos existe una diferencia para cada momento (T₁:1,07mg/dL; T₂:0,43mg/dL; T₃:2,11mg/dL; T₄:3,5mg/dL). La mayor diferencia se presentó en el tratamiento 2, con una dosis de 1,2,3 propanotriol de (300g) y un valor promedio de BUN de 291,39 mg/dL, valor superior a los demás

Para las hembras (T₁:0,766mg/dL; T₂:0,787mg/dL; T₃:0,6mg/dL; T₄:2,08mg/dL). La mayor diferencia se presentó en el tratamiento 4, suplementado con (500g) de 1,2,3 propanotriol siendo el BUN correspondiente a (307,75mg/dL) el más alto.

Superóxido dismutasa (SODx)

La siguiente tabla muestra SODx promedio de hembras y machos al inicio de la investigación:

Tabla 17*Superóxido dismutasa de sujetos experimentales al inicio y finalización del experimento*

Sexo	Tratamientos (g glicerol)	SODx (μ/mL) antes	SODx (μ/mL) después
Machos	T ₁ : 0	0,00019	0,0088
	T ₂ : 300	0,0033	0,0019
	T ₃ : 400	0,0081	0,00019
	T ₄ : 500	0,0018	0,0013
Hembras	T ₁ : 0	0,00019	0,0028
	T ₂ : 300	0,0045	0,0026
	T ₃ : 400	0,0017	0,0064
	T ₄ : 500	0,0017	0,00094

T:Tratamientos; **SODx:** Superóxido dismutasa

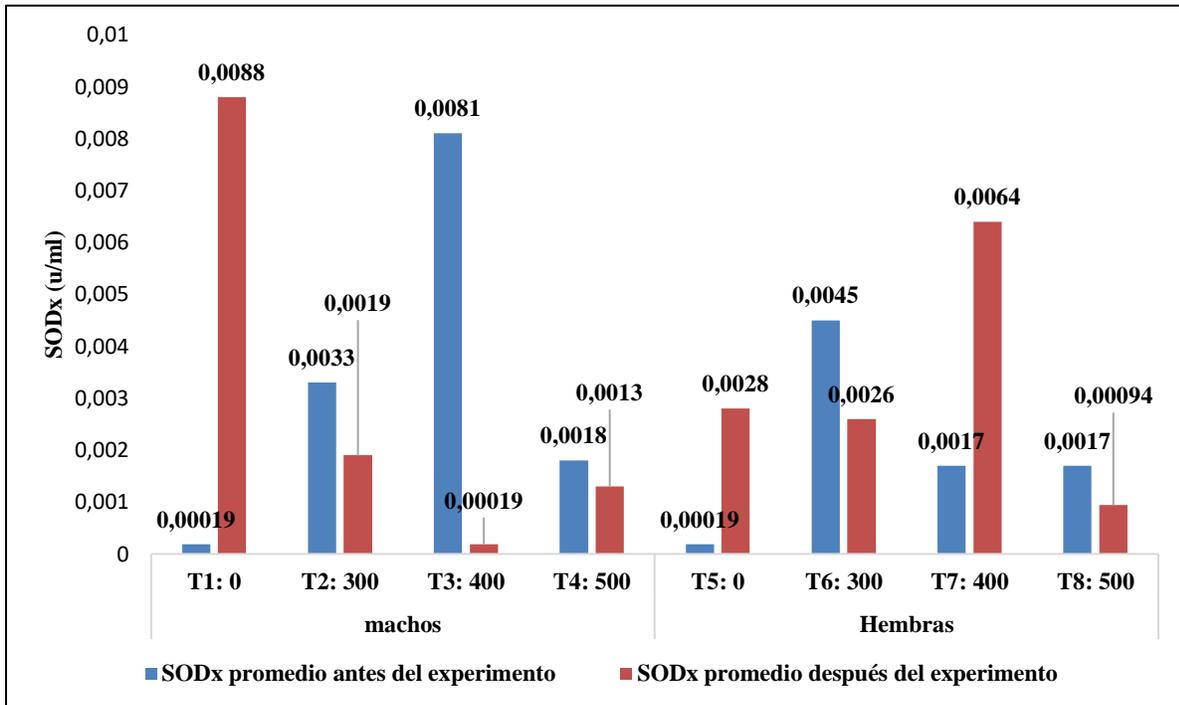
Con respecto a la tabla 17, se indica que la superóxido dismutasa (SODx) de los equinos estudiados al inicio del experimento presentó un rango de 0,00019 μ /mL hasta 0,008 μ /mL, de tal forma que el promedio de los machos fue de 0,003+/-0,0034 μ /mL y el de las hembras 0,002+/- 0,001 μ /mL;

Con relación a los datos analizados al final del experimento, se indica que SODx de los equinos presentó un rango de 0,00019 μ /mL hasta 0,0088 μ /mL, de tal forma que el promedio de los machos fue de 0,0030+/- 0,0038 u/ml y el de las hembras 0,0031 +/- 0,0022 μ /mL

Cuando se realizó el análisis de varianza (ANOVA) no paramétrico por el método de Kruskal Wallis se encontró que no se presentaron diferencias estadísticas entre sexo ($P=>0,999$), tratamientos ($P=0,476$) y momentos ($P=0,816$).

Figura 24

Promedio de superóxido dismutasa (SODx) de sujetos experimentales al inicio y finalización del experimento



En la figura 24 se observa que para los machos existe una diferencia para cada momento (T₁:0,0081 μ /mL; T₂:0,0014 μ /mL; T₃:0,0079 μ /mL; T₄:0,0005 μ /mL). La mayor diferencia se presentó en el tratamiento 1, con el mayor valor promedio SODx de 0,0088 μ /mL con una dosis de 1,2,3 propanotriol de (0g)

Para las hembras (T₁:0,0026 μ /mL; T₂:0,0019 μ /mL; T₃:0,0047 μ /mL; T₄:0,00076 μ /mL). La mayor diferencia se presentó en el tratamiento 3, con una suplementación de (300g) y un valor promedio de 0,0064 μ /mL, siendo éste el más alto respecto a los demás datos.

Potencial de hidrógeno pH

La siguiente tabla muestra pH promedio de hembras y machos al inicio de la investigación:

Tabla 18.

pH de sujetos experimentales al inicio y finalización del experimento

Sexo	Tratamientos (g glicerol)	pH promedio plasma sanguíneo	
		Inicio	Final
Machos	T ₁ : 0	7,40	7,42
	T ₂ : 300	7,41	7,42
	T ₃ : 400	7,41	7,42
	T ₄ : 500	7,41	7,42
Hembras	T ₁ : 0	7,42	7,45
	T ₂ : 300	7,41	7,43
	T ₃ : 400	7,4	7,42
	T ₄ : 500	7,41	7,43

T:Tratamientos; **pH:** Potencial de hidrógeno

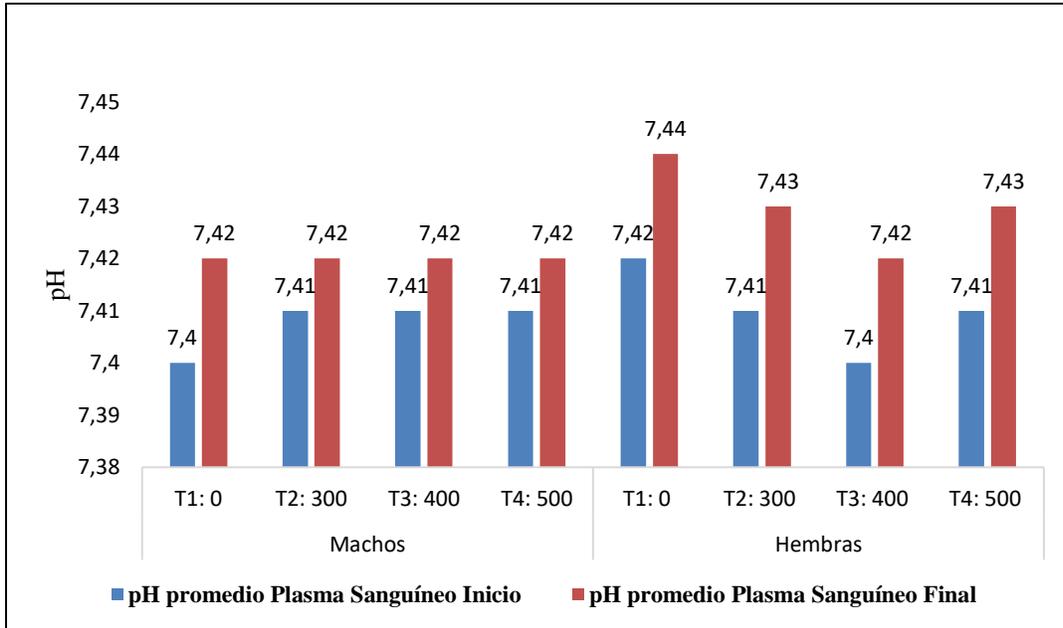
Con respecto a la tabla 18, se indica que el potencial de hidrógeno (pH) de los equinos estudiados al inicio del experimento presentó un rango de 7,4 hasta 7,42, de tal forma que el promedio de los machos fue de 7,40 \pm 0,124 y el de hembras 7,41 \pm 0,120.

Con relación a los datos analizados al final del experimento, se indica que el pH de los equinos presentó un rango de 7,42 hasta 7,45, de tal forma que el promedio de los machos fue de 7,42 \pm 0,054 y el de hembras 7,43 \pm 0,097.

Cuando se realizó el análisis de varianza (ANOVA) no paramétrico por el método de Kruskal Wallis se encontró que no se presentaron diferencias estadísticas entre sexo (P=0,265), tratamientos (P=0,688) ni momentos (P=0,346).

Figura 25.

Promedio de potencial de hidrógeno (pH) de sujetos experimentales al inicio y finalización del experimento



En la figura 25 se observa que para los machos existe una diferencia para cada momento (T₁:0,2; T₂:0,01; T₃:0,01; T₄:0,01). Presentándose una diferencia significativa en el tratamiento 1, con una suplementación de (0g) de 1,2,3 propanotriol y un promedio de 7,42.

Para las hembras (T₁:0,03; T₂:0,02; T₃:0,02; T₄:0,02). Donde influyó más la diferencia significativa del tratamiento 1, con un promedio de 7,44, superior a los demás datos, y con dosis de (0g) de 1,2,3 propanotriol.

3.3 Indicadores ambientales

Tabla 19*Indicadores ambientales del experimento*

Mediciones (réplicas)	Indicadores ambientales		
	HR (%)	T (°C)	CO ₂ (ppm)
1	53,85	30,45	521,5
2	59,55	29,35	510,5
3	57,5	29,15	517
4	61,75	28	489,5
5	60	28,9	549,5
6	61,15	28,5	474
7	58,5	29,05	516
8	61,5	28,55	509

HR: Humedad relativa; **T°:** Temperatura; **CO₂:** Gas carbónico; **ppm:** partes por millón

En la tabla 19, se observan los valores de HR, T° ambiental y CO₂ tomados durante el experimento en las ocho replicas correspondientes. La HR tuvo un promedio de 62%, la T° de 26°C y el CO₂ de 510 ppm lo que nos indica que se encuentran en los respectivos rangos de normalidad para el sector, (Chinauta, Cundinamarca).

13.4 Correlación múltiple de Pearson entre variables antes y después del ejercicio

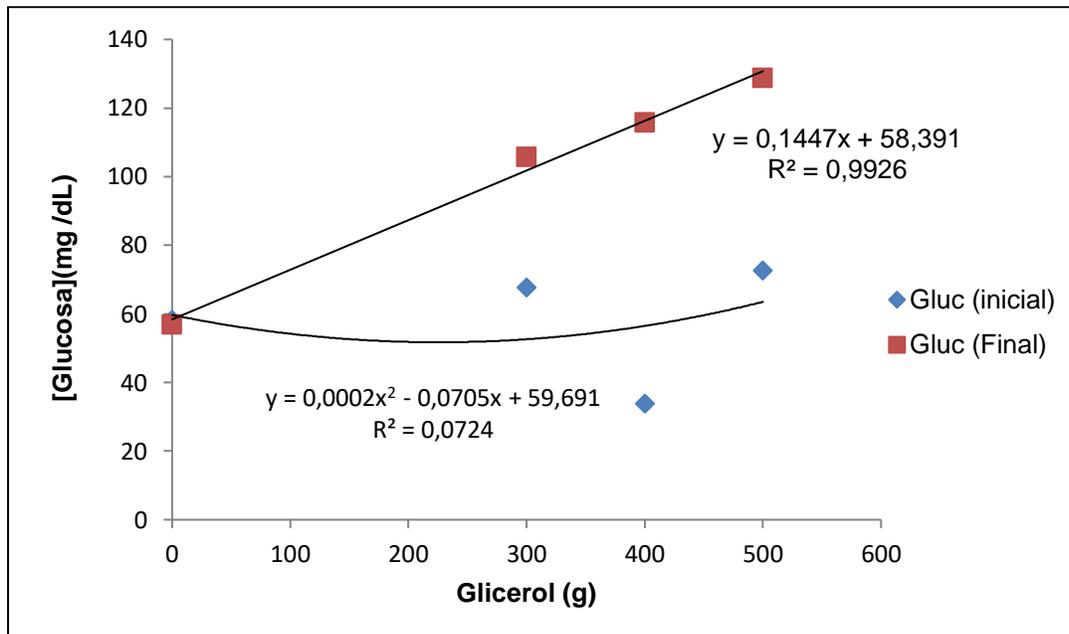
Al realizar la prueba de correlación múltiple de Pearson (ver anexo 19) al inicio del experimento, se detectó que no existían asociaciones significativas ($P < 0,050$) en el comportamiento de las variables fisiológicas y metabólicas, de tal forma que los valores promedio de los indicadores de perfil metabólico se encontraban en el límite normal, lo cual indicó que los sujetos experimentales se encontraban en condiciones adecuadas para comenzar la actividad física

Al realizar la prueba de correlación múltiple de Pearson (Ver anexo 20) post ejercicio, se detectó que la frecuencia cardíaca correlacionó ($r=0,79$) con la frecuencia respiratoria de los animales de forma positiva y significativa ($P=0,019$), lo cual se puede explicar en razón de que al aumentar la intensidad respiratoria de los sujetos experimentales, se incrementa ciclo de Krebs, fosforilación oxidativa y en consecuencia la producción de ATP, lo cual causa un efecto en el metabolismo del músculo cardíaco (Arias, 2000); así mismo, FC causó un efecto estadístico ($P=0,033$) sobre la actividad de la SODx, generando una disminución ($r= -0,075$) significativa de esta variable en el plasma sanguíneo; este comportamiento se puede explicar dado que al incrementar el ejercicio en los equinos se generan ERO's que producen estrés oxidativo el cual reduce la actividad biológica de la enzima (Villa et al., 2012). La temperatura correlacionó ($r=0,81$) con la glucosa de las unidades experimentales de manera significativa ($P= 0,013$), lo cual, posiblemente se podría explicar por el incremento de la glucosa plasmática, resultado dado con el suministro del 1,2,3 propanotriol, este efecto aumenta la producción de calor y por consiguiente la temperatura corporal de los equinos debido a la exposición de la actividad muscular (Martínez et al., 2001). La glucosa causó un descenso significativo ($P=0,092$) sobre SODx, generando con ello, una disminución ($r= -0,63$) de la actividad enzimática, esto probablemente se podría explicar en razón de que el suplemento energético aumenta la glucosa circundante en el torrente sanguíneo de los animales, quedando disponible para sus procesos catabólicos citoplasmáticos y mitocondriales, no obstante, considerando que dicho metabolito sanguíneo está simplemente como biomolécula elemental acequible a la célula y no se determina con precisión su fase oxidativa, así, SODx aparece con concentraciones bajas dado que el flujo de electrones no tendrá alta actividad, es decir, tal condición de la glucosa no permite establecer producción ERO's en un posible estado de estrés oxidativo (Granados, 2020); del mismo modo, BUN determinó un efecto estadístico ($P=0,047$) sobre pH, reduciendo ($r= -0,71$) el valor del potencial de hidrógeno a nivel sanguíneo, en consecuencia, posiblemente se presenta una alteración del metabolismo ácido base, causado por el incremento de los componentes moleculares que contienen nitrógeno no proteico (NNP), tales como urea, amonio y amoniaco, generados en el metabolismo proteico de los animales (Barreto, 2005).

13.5 Regresión múltiple entre algunas variables evaluadas

Figura 26.

Comportamiento de la glucosa sanguínea en equinos machos, en función de los tratamientos aplicados (glicerol)

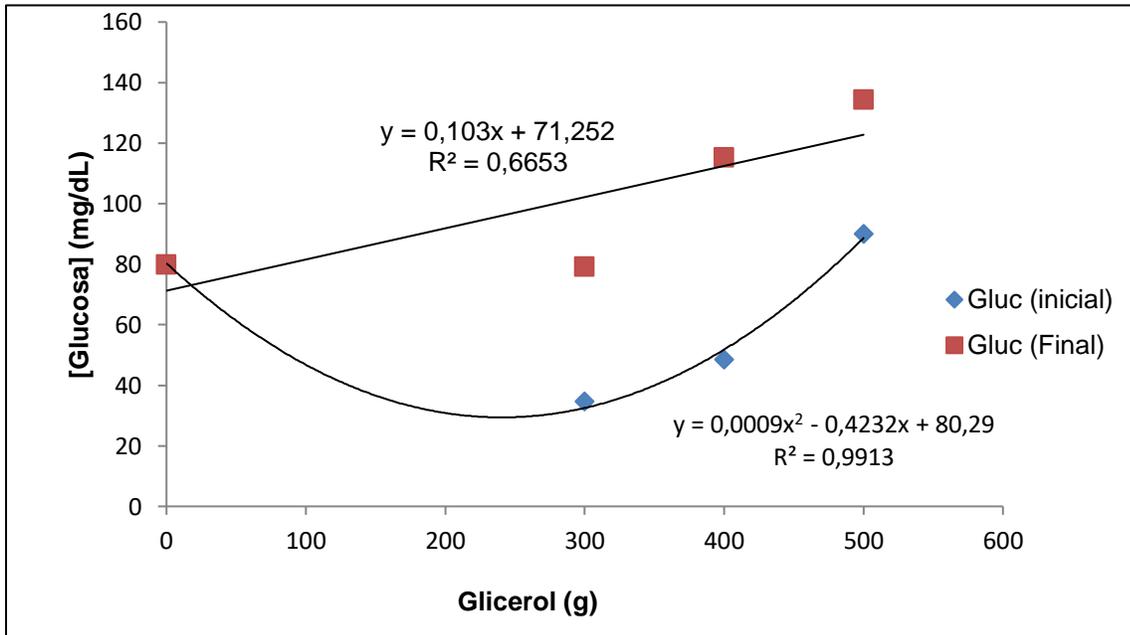


En la figura 29, se puede apreciar que la concentración de glucosa plasmática en los equinos machos mostró una forma dispersa con tendencia polinomial cuadrática al inicio del experimento, mientras que hacia el final del mismo, los tratamientos aplicados y dados por las cuatro dosis de glicerol influyeron significativamente ($P < 0.050$) sobre la glucosa sanguínea de los animales, exhibiéndose una tendencia lineal altamente significativa ($r = 0.9962^{**}$), de tal forma que al efectuar la regresión lineal, matemáticamente se puede advertir que por cada gramo de glicerol suministrado, se produjo un incremento de 0,1447 mg/dL en la glucosa plasmática; Lo anterior, probablemente muestra el efecto positivo y notable del 1,2,3 propanotriol en la gluconeogénesis hepática de los equinos, lo cual le permite disponer de mayor fuente de ATP por el proceso glucolítico y por ende mayor energía metabólica; tales afirmaciones constituyen posibles a esta relación matemática y estadística, es decir, se requeriría de una mayor cantidad de valores que generen conclusiones más contundentes.

La actividad de este indicador de perfil metabólico energético en equinos hembras se presenta a continuación:

Figura 27.

Comportamiento de la glucosa sanguínea en equinos hembras, en función de los tratamientos aplicados (glicerol)

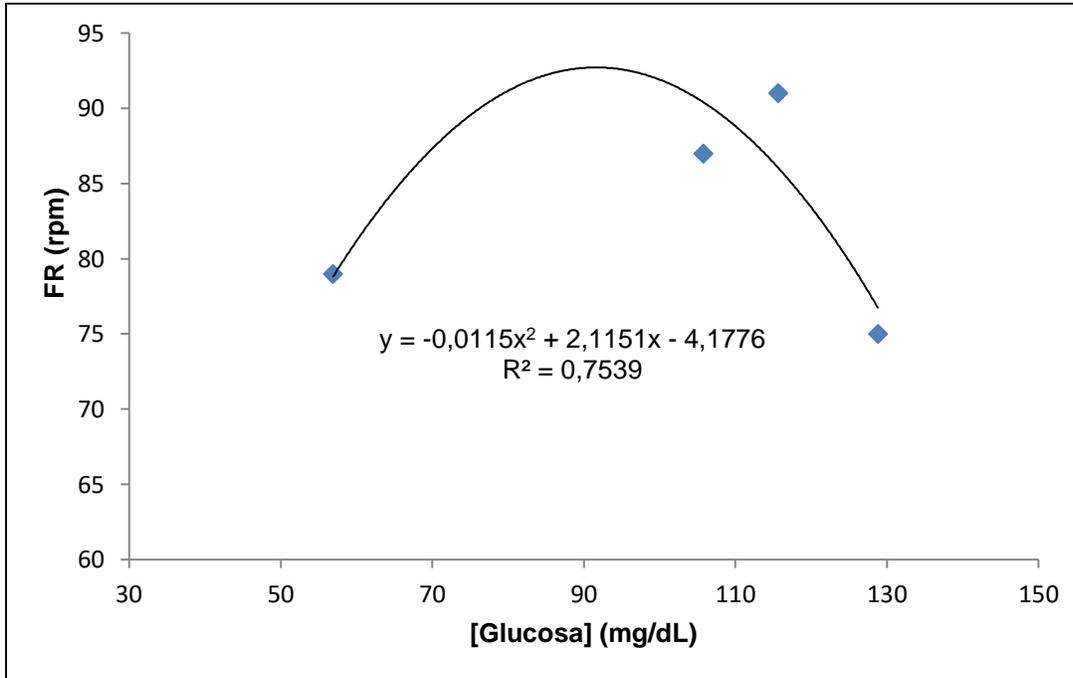


Analizando la figura anterior, se puede observar que el comportamiento de este indicador de perfil metabólico en hembras, fue similar al de los machos, no obstante, al final del experimento, la glucosa circulante en plasma, mostró una menor tendencia lineal ($r=0.8156ns$), es decir, las dosis de glicerol posiblemente causaron un efecto lineal positivo no significativo ($P<0,050$) sobre la concentración de este metabolito en la sangre de las hembras, de tal manera que por cada gramo de glicerol suministrado a los animales, se advierte un incremento de $0,103mg/L$ en la concentración de glucosa plasmática, lo cual indica que el 1,2,3 propanotriol probablemente se involucra en los procesos anabólicos y catabólicos de la glucosa hepática y muscular, es decir, ciclo de Cori

Así mismo, se estudió la relación entre frecuencia respiratoria (FR) y la concentración de glucosa circundante en el plasma de los equinos estudiados.

Figura 28.

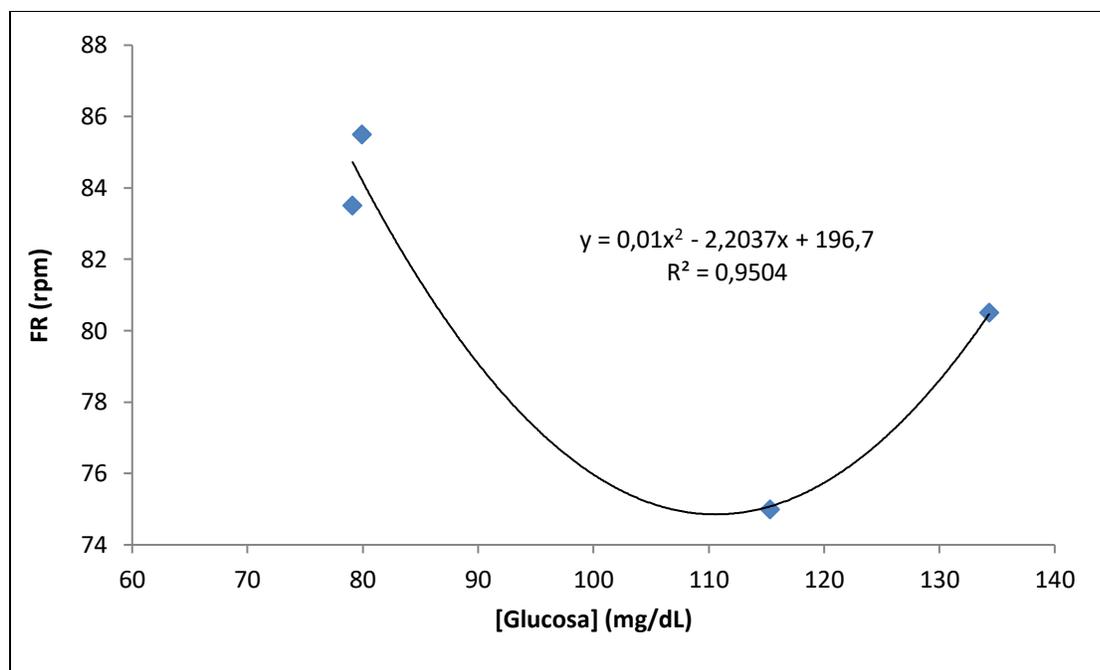
Comportamiento de la frecuencia respiratoria de equinos machos frente a su concentración de glucosa plasmática



La figura 31 muestra que la relación entre FR y glucosa plasmática en equinos machos hacia el final del experimento presentó un comportamiento polinómico cuadrático ($r=0.8682^*$) con una posible frecuencia respiratoria máxima de 92 rpm para una concentración de 90mg/dL de glucosa plasmática, la curva cóncava hacia abajo, advierte una tendencia al descenso de la FR en función de la glucosa circulante, lo cual se relaciona con la actividad mitocondrial hepática, dada por las reacciones bioquímicas enzimáticas del ciclo de Krebs y la fosforilación oxidativa, encargadas principalmente de la respiración celular

Figura 29.

Comportamiento de la frecuencia respiratoria de equinos hembras frente a su concentración de glucosa plasmática



El comportamiento de FR con la glucosa circulante en plasma de las hembras al final del experimento indicó una tendencia polinómica cuadrática ($r=0.9748^{**}$) pero con curva cóncava hacia arriba, lo cual permite detectar una FR mínima de 75 rpm, para una concentración de glucosa cercana a 110 mg /dL, la curva muestra una tendencia al incremento de la FR en función de la glucosa circulante después del punto mínimo, lo cual se relaciona posiblemente con las reacciones bioquímicas enzimáticas en ciclo de Krebs y fosforilación oxidativa, encargadas de la respiración celular de los animales.

14. Discusión

Frecuencia cardíaca

Respecto a la frecuencia cardíaca encontramos un valor promedio al inicio del experimento para hembras y machos de 37,6 latidos por minuto, lo cual es un reflejo del temperamento normal del caballo criollo colombiano al ser un ejemplar brioso, encontrándose en un rango basal según los valores de referencia para los equinos adultos de estas edades reportado en estudios de (Osorio,2008). Con relación a los datos analizados al final del experimento se presentó un rango de 145,6 latidos por minuto, siendo este un valor encontrado dentro de la zona de trabajo de mediana intensidad, lo cual indica que el caballo trabajó alrededor del umbral aeróbico según estudios reportados por (Arias *et al.*, 2006). De acuerdo al análisis de varianza se encontró que el

suministro de 1,2,3 propanotriol no influyó la significancia del sexo ni de las cantidades (ppm) suministradas del mismo ($P > 0,050$), presentándose diferencias altamente significativas (P) entre el momento: antes y después del experimento ($P < 0,010$), siendo este aumento normal según (Corvalán, 2010) por la elevación del ritmo cardiaco, provocando directamente un incremento de VO_2 . Sin embargo, en el análisis más detallado de los datos tomados en campo se observa que las frecuencias más altas se presentaron en los equinos de paso fino, frente a las demás modalidades tal como lo reportan estudios en este andar (Chaparro, 2015), esto puede suceder debido a que estos caballos son físicamente más exigentes por su alto nivel de gasto energético, seguido de la modalidad de la trocha, el trote y el galope (Arias *et al.*, 2006).

Frecuencia respiratoria

Al inicio del experimento, la frecuencia respiratoria del grupo de hembras y machos tuvo un comportamiento similar, encontrándose en valores óptimos fisiológicos de la especie, afirmado en estudios realizados por (Cunningham, 2009). Luego del ejercicio, el análisis de varianza demostró significancia, al igual que en los resultados reportados por (Osorio, 2008) donde el cambio fisiológico pudo haber ocurrido por el incremento de la ventilación pulmonar que ocurre de forma paralela a las demandas metabólicas dadas por el esfuerzo físico al que fueron sometidos los equinos, y así mismo un leve aumento ocurrido por un mecanismo de compensación ante los desequilibrios ácido base, donde existe un incremento en la tasa de eliminación de CO_2 por vía pulmonar, reduciendo la carga acidótica al interior del organismo, lo que demuestra que entre los tratamientos la adición de diferentes cantidades de glicerol no afectaron los cambios de esta variable. Sin embargo, en el análisis de datos más detallado en campo podemos observar que las hembras presentaron diferencias más leves en los valores post-ejercicio de la frecuencia respiratoria, según Chaparro (2015) esto puede verse relacionado con los ciclos reproductivos y el desarrollo de los folículos ováricos, ya que las hembras al tener un número determinado de óvulos durante toda su vida pueden necesitar de un mayor tiempo de regulación a nivel fisiológico cuando están sometidas a ejercicio físico.

Al igual que en la frecuencia cardiaca, los valores de FR de los equinos paso fino colombiano son mayores a los de las demás modalidades, definiéndose éste como resultado de un mayor gasto energético en este tipo de equinos ya que debido a las batidas que realiza por minuto y sus cuatro tiempos, requieren de más esfuerzo físico y muscular para poder realizar su ejercicio y

cumplir con sus demandas metabólicas (Arias,2006), seguidos de igual manera de la trocha, el trote y por último el galope con valores menores debido a su menor esfuerzo energético para realizar el ejercicio.

Temperatura corporal

La temperatura corporal presentó valores basales encontrados en un rango de normalidad de 37,5 – 38,5 °C, óptimo según estudios de Sánchez y Álvarez (2013). Los animales necesitan diferentes sensores localizados en varias regiones del cuerpo con el fin de regular su temperatura corporal. Luego de ser sometidos a ejercicio físico, los equinos incrementaron su temperatura en un rango de 38 – 38.5 °C pudiendo ser explicado este cambio como fisiológico normal para lograr su regulación, según (Cunningham, 2009), los sensores que regulan esta variable transmiten información al cerebro y allí inician los mecanismos para disminuir la producción de calor, en el momento en que la temperatura basal sobrepasa este umbral inmediatamente se da inicio al mecanismo para perder calor y la modificación de éste umbral ocasiona la sudoración. Por ello, entre tratamientos, la suplementación con glicerol no influyó en los cambios de temperatura corporal que se presentaron luego de la exposición a la actividad física.

Glucosa (Gluc)

Los resultados de la concentración de glucosa en sangre se encontraron bajo los rangos de referencia 52 a 134mg/dL según lo reportado por (Benavides,2017). Luego de someter las unidades experimentales a un ejercicio físico, obtuvimos valores de glucosa superiores a los reportados por diferentes autores (Benavides,2017; Mutis,2005; Chaparro;2015) en equinos de trabajo y deporte a los que no se les suministró ningún tipo de suplemento energético.

Cabe resaltar que los valores encontrados luego del suministro del glicerol fueron altamente significativos, lo que resume en un funcionamiento y metabolismo óptimo de este suplemento como un tipo de energía rápida, explicando que el 1,2,3 propanotriol fue una fuente inmediata para que la célula pudiera desarrollar una actividad óptimo aeróbica representada por el ATP (adenosin trifosfato) (Arias, 2000). Estudios realizados en rumiantes por Cabrera (2019), reportan que en animales donde se añadió de 15% a 25% de glicerol en la dieta, la mayor parte desapareció en 6h y manejando una dosis de 200 g de glicerol arrojó que más del 85% de éste en el rumen desaparece en 2h; reportaron también en un trabajo in vitro que después de 24 h de haber adicionado glicerol, aproximadamente el 80% se metabolizó, disminuyendo la formación

de acetato. De igual manera sugieren que una parte del glicerol que ingresa al rumen puede ser absorbido directamente.

A pesar de que el tiempo entre el suministro y la toma de la muestra fue bajo, en la valoración de los datos tomados antes y después del ejercicio se aprecia efectivamente la utilización de éste en la célula.

Basados en los estudios realizados en otras especies por Cabrera (2019) en experimentos el porcentaje de glicerol aprovechado pudo haber sido mayor si se hubieran tenido en cuenta diferentes tiempos de espera a una respuesta metabólica.

Proteínas plasmáticas totales (PPT)

Respecto a las proteínas plasmáticas totales (PPT) se encontraron en el rango de referencia (5,0 – 8,0 g/dL) valores reportados por (Cunningham,2009) y en equinos criollos colombianos por (Chaparro,2015), deduciendo que no existe un incremento en la respuesta sistémica a los procesos inflamatorios generados por la actividad física encontrados en la albúmina (Patiño,2017) lo que impide un libre flujo circulatorio de hemoglobina (Martínez *et al.*, 2001)

En el momento dos, cuando se incrementa la intensidad y la duración del ejercicio, junto con la adición de glicerol las fibras musculares no lograron utilizar todo el lactato producido, elevándose sus concentraciones en sangre (pH bajo) y provocando el cansancio, como lo reporta Stephen (2005).

Nitrógeno ureico (BUN)

En el análisis del nitrógeno ureico en sangre (BUN) no se encontró significancia en los grupos de estudio, y los resultados se encontraron dentro de los rangos normales para la especie, lo que establece una correcta función renal como lo reporta (Barreto y Jiménez 2005), según los estudios realizados en bovinos de pastoreo por (Delgado *et al.*, 2016) los pequeños aumentos que se encontraron entre tratamientos al analizar los valores obtenidos por cada unidad experimental en campo se deben a que el glicerol pudo estar relacionado con un efecto decreciente en la producción de amoníaco a nivel intestinal, o un mejor aprovechamiento de éste, como resultado de una mayor disponibilidad de energía, y por consiguiente, incremento en la síntesis de proteína microbiana.

Superóxido dismutasa (SODx)

Con respecto a la SODx, los valores promedio obtenidos son similares a los observados para otras especies. En bovinos y utilizando la misma técnica analítica se observó un promedio para esta enzima en sangre de $0,0034 \pm 0,0092$ U/g Hb (Villa *et al.*, 2012). En toros Brahman y Normando se ha observado una actividad en sangre de $0,0024 \pm 0,0017$ y $0,0039 \pm 0,0097$ U/g Hb, respectivamente, refiriendo que el tipo de energía aportado se aprovecha positivamente, eliminando los radicales libres que puede generar el estrés causado por el ejercicio físico, indicándonos de igual manera que el lactato sérico provocado por el metabolismo anaeróbico muscular no está siendo liberado en el trabajo de las unidades experimentales, ya que, un desequilibrio entre la producción de ERO y los antioxidantes podría iniciar reacciones oxidativas en cadena y peroxidación lipídica que causan daños celulares graves como lo reporta (Jaramillo *et al.*, 2005).

Potencial de hidrógeno (pH)

En los valores de pH realizados en campo, se presentan diferencias similares a los estudios realizados por (Chaparro, 2015) donde el pH sanguíneo tiende a subir junto con la FR debido a la alcalosis que ocasiona el ejercicio, este fenómeno fue observado durante el tiempo de evaluación en menores diferencias comparadas con tal estudio, teniendo en cuenta el poco tiempo al que fueron sometidos los animales a ejercicio físico.

Los cambios leves que surgieron se refirieron a un acontecimiento fisiológico donde la varianza de los datos no es un determinante importante para considerar un desequilibrio ácido base fuerte, o una acumulación del lactato en músculo, por el contrario, son variaciones moderadas en la concentración de hidrogeniones y el ejercicio físico (Osorio, 2004). Por lo que posiblemente la adición de glicerol no causo efecto significativo sobre el cambio de esta variable.

Variables ambientales

Las variables tomadas en este experimento son de efecto regional (Cárdenas 2017). La temperatura, es el nivel de energía cinética asociada con el movimiento de las partículas y que produce la sensación de calor o frío en un sistema, junto con la HR están íntimamente relacionadas, la humedad relativa es una función inversa de la temperatura, es decir, cuando una aumenta la otra disminuye y viceversa, dicho de otra forma, a medida que va aumentando la temperatura del aire, éste es capaz de contener más humedad, y a menor temperatura menor es la

capacidad del aire para contener vapor de agua (Mutis 2005). Estas variables fueron medidas con el objetivo de mostrar que el desempeño de las unidades experimentales puede variar dependiendo de la zona donde se esté realizando el experimento, ya que los valores fisiológicos como la frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria y temperatura corporal varían de acuerdo al lugar de estudio, dicha afirmación la podemos comprobar con estudios realizados por Arias y Mejía (2008), en el centro la María ubicado en la loma del escobero en el municipio de Envigado con unas características de 2320 msnm y una temperatura promedio de 18°C donde reportan un cambio para estas variables, con una menor respuesta de las frecuencias anteriormente mencionadas al final del ejercicio.

15. Conclusiones

En la frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria y temperatura corporal, la adición del 1,2,3 propanotriol como suplemento energético a equinos criollos colombianos no tuvo efectos estadísticos en las frecuencias basales de la especie por lo que se concluye que los aumentos se produjeron por la fisiología no patológica del ejercicio al ser sometidos a esfuerzo deportivo sin importar su intensidad.

En cuanto a la glucosa, la suplementación de glicerol en las diferentes dosis de cada tratamiento fue influida positivamente con un aumento de esta variable, se presentaron valores más altos en el T3 tanto para machos como para hembras, concluyendo así que para este estudio la dosificación de 1,2,3 propanotriol con un mayor resultado energético fue de 400g, generando así un nivel alto de significancia después del ejercicio y sin verse afectado por las demás variables evaluadas

Para el perfil proteico no se ven afectados significativamente los valores de proteínas plasmáticas totales por el suministro de glicerol, lo que define un correcto funcionamiento del flujo circulatorio de la hemoglobina, de igual manera el nitrógeno ureico (BUN) tampoco se vio afectado significativamente por el suministro del glicerol en grupos de machos y hembras y entre momentos, concluyendo una correcta función renal por parte de los equinos.

En el perfil enzimático se evidencia que el suministro de glicerol no causó efectos en la enzima superóxido dismutasa, indicando así que durante el ejercicio al que fueron sometidas las unidades experimentales no existió la captura de los radicales libres que generara un alto estrés oxidativo en músculo, provocando llegar al umbral anaeróbico. Tampoco existió la liberación de lactato sérico producido por el proceso de la gluconeogénesis, indicando que el glicerol no causó efecto en esta variable

El perfil ácido base, demostró que la inclusión de glicerol en los equinos no afectó significativamente los valores de pH, y la mínima variación de los datos antes y después del ejercicio se concluye por el tiempo de esfuerzo físico y un metabolismo fisiológico natural del organismo en el que es proporcional al aumento de la frecuencia respiratoria viéndose afectada la concentración de hidrogeniones.

El uso del 1,2,3 propanotriol tiene un efecto positivo en equinos criollos colombianos que requieren de una fuente energética con un metabolismo rápido como lo son los destinados a la realización de una actividad física, ya que aumenta los niveles de glucosa en sangre y no afecta variables como las del perfil metabólico que nos pudieron haber indicado efectos negativos causando patologías en las unidades experimentales, ni el correcto aprovechamiento de este en el organismo del animal.

16. Recomendaciones

Se considera principalmente que la cantidad recomendada de suministro de glicerol a un equino se encuentra dada desde los 300g a 500g sin causar efectos patológicos, sin embargo, se evidenció que podría funcionar con mayor eficacia en un promedio de 400g siendo este con el mayor valor presentado en aumento de glucosa en el organismo del equino sin elevar significativamente los valores de BUN (metabolismo de la úrea) y de la SODx (estrés oxidativo).

Se recomienda realizar estudios logrando un seguimiento metabólico y fisiológico del animal para así evaluar el suministro del 1,2,3 propanotriol en un tiempo más prolongado, evidenciando si existe significancia en el metabolismo del animal y midiendo el tiempo de recuperación de las

variables fisiológicas comparando niveles basales en equinos sin el suplemento energético, con el fin de definir aún más el camino de la investigación,

Se considera que al ser pocos los estudios realizados en caballo criollo colombiano se puede comparar el rendimiento fisiológico y deportivo según las demandas metabólicas por modalidad, siendo este un apoyo indispensable para basarnos en poder centrar aún más el proyecto.

Se recomienda evaluar en otros estudios relacionados con este trabajo los diferentes tiempos de suministro y toma de muestras para así considerar el efecto del 1,2,3 propanotriol, y así mismo evaluarlo en las diferentes etapas productivas comprobando su efectividad.

Es necesario el enfoque de nuevas investigaciones hacia los caballos dedicados a la exposición en pistas del país y componentes determinantes y predisponentes al desempeño físico de los diferentes ejemplares, retomando trabajos en los que se encuentren sustentos para poder respaldar a los caballos de paso como una actividad productiva, igualmente una actividad pecuaria como con otras especies, por medio de estudios de factibilidad, análisis comerciales y estudios económicos, identificar beneficios y utilidades al interior de los criaderos, para contrarrestar la percepción de actividad recreativa sin fin productivo.

Por último, se resalta el valor significativo de esta investigación como la innovación de un producto bioenergético que disminuya ciertos costos en alimentación o suplementación a base de glucosa, por tal motivo se recomiendan estudios complementarios para evaluar la eficiencia del glicerol en otros procesos fisiológicos que requieren de energía inmediata, tanto en la parte de salud animal como la parte reproductiva y de mejoramiento genético.

17. Bibliografía

- Aguilar, L. (2006). *Entender, educar y cuidar a tu caballo*. Editorial panamericana Ltda.
- Álvarez, J. (2014). *Evaluación fisiológica del lactato como marcador bioquímico utilizado para indicar la intensidad del ejercicio*. Departamento de ciencias fisiológicas, UNAL, Bogotá, Colombia.
- Arias, M. (2000). *Aspectos metabólicos del caballo atleta*. Revista Colombiana de ciencias pecuarias. V.13:2.
- Arias, M. Echevarría, H. Coral, E. Acosta, L. Zuluaga, J. (2006). *Estimación de la intensidad de trabajo de un grupo de caballos criollos colombianos de diferentes andares*. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia, vol. 1, núm. 2, pp. 18-32.
- Arias, L. Sánchez, C. Peláez, C. Ceballos, A. (2004). *Actividad de la Aspartato inotransferasa y la Creatinkinasa y su relación con la actividad de la Glutación Peroxidasa en caballos Pura Sangre Inglés, antes y después de una carrera de 1100 metros*. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Medellín, Colombia.
- Arias, Maria P. Mejía, Gregory. (2008). *Evaluación del estado físico de caballos de salto mediante algunas variables fisiológicas*. Revista CES medicina veterinaria y zootecnia, vol 3, num. 2, pp. 31-34
- Barreto, C. A. M., & Jimenez, T. E. P. (2005). *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, DC*. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 6(2), 1- 28.
- Benavides, C. (2017). *Niveles basales de glucosa sanguínea en caballos pura sangre de carrera del hipódromo de Monterrico*. Escuela profesional de ciencias veterinarias. Lima, Perú.

Bohorquez, D. (2010). *Valores hematológicos en yeguas paso fino colombiano y sus variaciones con ejercicio, en los municipios de Tabio y Cajicá Cundin arca*. Facultad de ciencias agropecuarias, Universidad de la Salle.

Brandi, R. Furtado, C. (2009). *Importância nutricional e metabólica da fibra na dieta de equinos*. Revista Brasileira de zootecnia. v.38, p.246-252.

Brunton, L. Lazo, J. Parker, K. (2007). *Goodman & Gilman. Las bases farmacológicas de la terapéutica*. Undécima edición editorial McGrawHill

Cabrera, M. (2019). *Metabolismo del glicerol en rumiantes*. agrop. 12:4

Cardenas, J. (2017) *La humedad relativa y la temperatura en la conservación de los documentos de archivo*. Revista colombiana de ciencias pecuarias rccp

Chaparro, J. (2015). *Determinación de parámetros fisiológicos (frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria y pH sanguíneo) de caballos paso fino colombiano en reposo, ejercicio y post ejercicio en la sabana de Bogotá*.

Corrales, L. C., & Ariza, M. M. M. (2012). *Estrés oxidativo: origen, evolución y consecuencias de la toxicidad del oxígeno*. Nova, 10(18).

Corvalán, C. (2010). *Estudio del ejercicio de natación en caballos de deporte y su influencia sobre la frecuencia cardiaca y la lactacidemia*. Tesis doctoral universidad complutense de Madrid.

Cunningham James, G. (2009). *Fisiología Veterinaria*. Cuarta Edicion. Editorial ELSEVIER. España

Delgado, A. B., M. Galindo, J. M., J. Rodríguez D. y Chilibroste, P. (2016). *Efectos del glicerol al inicio de la lactancia en la producción y calidad de la leche de vacas Holando en pastoreo*. Avances en investigación agropecuaria 20(2): 5-18.

Donkin, S. S. (2008). *Glycerol from biodiesel production: the new corn for dairy cattle*. Revista Brasileira de Zootecnia, Pp. 280-286.

Engelhardt, W. V. y Breves, G. (2004). *Fisiología Veterinaria*. Editorial Acribia S.A. España. Cap. 22, p. 511 – 518.

[FEDEQUINAS \(2017\) https://fedequinas.org/](https://fedequinas.org/)

García Luna, P. P., & López Gallardo, G.. (2007). *Evaluación de la absorción y metabolismo intestinal*. *Nutrición Hospitalaria*, 22(Supl. 2), 05-13.

Granados, J. (2020). *Procedimientos y Cálculos Análisis Químico plasma sanguíneo* Fusagasugá: Universidad de Cundinamarca. Colombia.

Granados, J, García, J (2011) *Fisicoquímica Aplicada*, Cap: 7, 9, y 11, Editorial Antropos-Unisur, Bogotá, Colombia

Guadarrama, M. (2019) *Laparotomía exploratoria en equinos sanos y su efecto sobre el dolor y constantes fisiológicas*. Universidad autónoma del estado de México

Guerrero, P. y Portacarrero, L. (2008). *Determinación de lactato deshidrogenasa, creatinquinasa y acido láctico en equinos de salto en la sabana de Bogotá*. REDVET Revista electrónica de veterinaria, v.18.

Harris, P.A. 2007. *How understanding the digestive process can help minimise digestive disturbances due to diet and feeding practices*

<https://asocaba.org.co/>

Hinchcliff, K. W., Geor, R. J. y [Kaneps, Andris J.](#) (2004). *Equine Sports Medicine and Surgery*. Editorial Saunders Co Ltd.

Instituto Colombiano Agropecuario ICA, (2019). Censo pecuario nacional 2019.

<https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2019.aspx>

Jaramillo, S., Villa, N., Pineda, A., Beatriz, A., Tabares, P. y Ceballos, A. (2005) *Actividad sanguínea de superóxido dismutasa y glutatión peroxidasas en novillas de pastoreo*. Pesquera agropecuaria brasilera vol.40 no.11 Brasilia.

Lafuente, G. (2017). “*Glicerol: Síntesis y aplicaciones*”. Master universitario ciencia y tecnología química

Laminilla, A. (2018). Estudio de caso: *Revisión de las investigaciones sobre caballo criollo colombiano durante los últimos 10 años para nuevas exploraciones*. Facultad de ciencias agropecuarias, Universidad de la Salle.

Machado, J., Chigueru, V. y Berenchtein, B. (2010). *Glicerol na alimentação animal*.

Mair, T., Divers, T. y Ducharme, N. (2003). *Manual de gastroenterología equina*. Editorial intermedica.

Martínez, A. (2008). *Límites nutricionales en la formulación de raciones para caballos de ocio alimentados en pesebrera*. Departamento de Producción Animal. Universidad de Córdoba.

Martinez, R., Cittar, J., Mattioli, G., Caviglia, J., Guiliodori, M. y Desmarás, A. (2001). *Fisiología del ejercicio equino*. Análisis de una experiencia sobre treadmill.

Mejía Sandoval, Gregory, Arias, María P (2008) *Evaluación del estado físico de caballos de salto mediante algunas variables fisiológicas*. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia [en línea]. 3(2), 31-41

Miller, N. Rice, C. Davies, M. Gopinathan, V. Milner, A. (1993). *A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates*. Clin. Scie. 84 407-412

Montejón, F. (2017). *Características fisiológicas del caballo aleta*. Revista colombiana de ciencias agropecuarias.

Moretini, A. Freitas, J. Tadeu, F. Rezende, J. Ariboni, R (2004). *Avaliação nutricional de alguns alimentos para equinos por meio de ensaios metabólicos*. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 28, n. 3, p. 621-626.

Moreno, F., Velasquez, C. y Mejía, A. (2007). *Determinación de la actividad sérica de creatin quinasa y aspartato inotransferasa en caballos criollos colombianos en pistas de exposición*. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia-UCES.

Mutis, C. y Pérez T. (2005). *Determinación y análisis de valores de nitrógeno ureico en sangre (BUN), glucosa, creatin kinasa (CK) y ácido láctico pre y post ejercicio en una población de atletas equinos de salto en Bogotá, D.C.* REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, vol. VI.

Narváez, G. (2007). *El caballo criollo colombiano*. Editorial panamericana. Págs. 12-18

Ochoa, A. (2016). *Juzgue ahora o calle para siempre*. Págs. 29-37

Oliveira, C. A., Azevedo, J. F., Miranda, A. C. T., Souza, B. G., Ramos, M. T., Costa, A. P. D., ... & Almeida, F. Q. (2014). *Hematological and Blood Gas Parameters' Response to Treadmill Exercise Test in Eventing Horses Fed Different Protein Levels*. Journal of Equine Veterinary Science,

Ordoñez, C. (2014). *Evaluación nutricional de la glicerina cruda proveniente del biodiesel de aceite de palma en cerdos*. Revista colombiana de ciencias pecuarias RCCP.

Osorio, J. (2008) *Cambios fisiológicos de variables sanguíneas como respuesta a la competencia de salto en equinos atletas*

Patiño, A., Ceballos, J., López J., Rojas, H. y Alarcón, J. (2017). *Comparación metabólica de tres grupos de yeguas de trabajo del municipio de Florencia Caquetá*. REDVET Revista electrónica de veterinaria, v.18.

Riera, M. (2015) *Aparato respiratorio de equino y canino*. Universidad del Zulia de la Facultad de Ciencias Veterinarias. Documento, Visto em 1 de agosto de en:
<http://es.slideshare.net/Anniitthaespinosa/aparato-respiratorio-de-equino-y-canino>

Sánchez Roa, C. J., & Álvarez Sanabria, J. C. (2013). *Determinación de las variables fisiológicas en potros de raza silla argentina a una altitud de 2804 M.S.N.M.*. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/medicina_veterinaria/271

Shields MC. 2009. *Evaluation of the Nutritional Value of Glycerol, a Byproduct of Biodiesel Production, for Swine*. Tesis de Maestria, North Carolina State University en Raleigh:. p. 63.

Schuback, K., & Essén-Gustavsson, B. (1998). *Muscle anaerobic response to a maximal treadmill exercise test in Standardbred trotters*. Equine Veterinary Journal, 30(6), 504-510.

Silva, V., López, E., Andrade, E., Sousa, R., Zangeronimo, M. y Pereira, L. (2014). *Use of biodiesel co-products (Glycerol) as alternative sources of energy in animal nutrition: a systematic review*. Archivos de medicina veterinaria, 46(1), 111-120.

Smith, P. (2002). *Large Animal Internal Medicine*. Saint Louis. Missouri. Ed. Mosby Inc. Third Edition. Págs. 460 – 461.

Stephen, M. Warwick, M. Debra, C. (2005). *Medicina interna equina*. Editorial intermedica. Págs. 897-912.

Villa, N. Castaño, D. Duque, P. Ceballos, A. (2012). *Actividad de la Glutación Peroxidasa y la Superóxido Dismutasa en sangre y plasma seminal en caballos colombianos*. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, vol. 25, núm. 1, enero-marzo, 2012, pp. 64-70

18. Anexos

Anexo 1.

Tabla 20.

Características generales de los equinos machos

Nº	Nombre	Tratamiento	Dosis Glicerol (g)	Modalidad	Edad (años)	Peso (kg)	Condición Corporal	Alzada (m)
1	Faraón	T1	0	P2	2	340	3	1,37
2	Trillador	T1	0	P3	14	345	3	1,45
3	Príncipe	T2	300	P3	5	315	3	1,4
4	Estelar	T2	300	P4	18	375	3	1,39
5	General	T3	400	P3	14	380	3	1,38
6	Bailarín	T3	400	P4	13	355	3	1,44
7	Juguetón	T4	500	P1	9	413	4	1,47
8	Júpiter	T4	500	P3	9	345	3	1,42

Con respecto a la tabla 20, se evidencian las variables generales evaluadas en campo para cada uno de los equinos “machos” del experimento

Anexo 2.

Tabla 21.

Características generales de los equinos hembras

N°	Nombre	Tratamiento	Dosis Glicerol (g)	Modalidad	Edad (años)	Peso (kg)	Condición Corporal	Alzada (m)
1	India	T1	0	P4	7	436	4	1,38
2	La Santa	T1	0	P2	3	310	3	1,38
3	Divina	T2	300	P3	6	318	3	1,33
4	Ilusión	T2	300	P3	6	461	3	1,31
5	Yegua X	T3	400	P3	7	370	2	1,46
6	Luna	T3	400	P1	3	332	3	1,37
7	Victoria	T4	500	P3	5	380	3	1,38
8	Lucero	T4	500	P4	13	380	3	1,35

Con respecto a la tabla 21, se evidencian las variables generales evaluadas en campo para cada uno de los equinos “hembras” del experimento

Anexo 3.

Metodología en Campo

A continuación, las fases definidas:

- Selección de unidades experimentales: por sexo y diferentes cantidades de 1,2,3 propanotriol suministrado.
- Toma de constantes fisiológicas y ambientales en estado de reposo: la frecuencia respiratoria y la frecuencia cardiaca por medio de auscultación con fonendoscopio (littmann classic II SE), la temperatura corporal en los ollares del equino con un termómetro infrarrojo QQZM ref TF-600 y la humedad relativa, la temperatura ambiental y el gas carbónico con un medidor de CO₂ ref amprobe CO2 – 100. CO2.

- Muestreo de sangre: se llevó a cabo con un vacutainer y un tubo tapa lila, a nivel de la vena yugular.
- Suministro de glicerol: se suministró la cantidad necesaria dependiendo el tipo de tratamiento registrado en el diseño experimental.
- Exposición a esfuerzo físico: se sometieron a un constante ejercicio por 10 minutos como en su rutina diaria.
- Al momento de culminar con el ejercicio se repitieron los pasos 3 y 4

Anexo 4.

Procedimiento de determinación de pH en laboratorio

Una vez en laboratorio, en el menor tiempo posible luego de haber tomado las muestras la primera prueba realizada fue el pH.

- Se agregó la muestra sanguínea a un beaker de 150mL
- Se lavó el electrodo con agua estéril
- Por medio de un potenciómetro se tomaron los datos del pH de cada muestra sanguínea

Anexo 5.

Procedimiento de determinación de glucosa en laboratorio

- A los tubos de ensayo necesarios se adicionó 50 μ L de agua destilada al tubo blanco, 50 μ L de glucosa 0,1% en el tubo estándar, 50 μ L de plasma sanguíneo a los tubos que contenían las muestras y luego 0,5 mL de reactivo Nelson
- Estas muestras se agitaron por medio de un vortex por 10 segundos, luego se llevaron al baño de maría a una temperatura de 90°C por 30 minutos, se dejaron enfriar y se agregó el reactivo Somogyi, se agitaron y fueron llevadas al espectrofotómetro. Se calibro el aparato con el tubo blanco a una longitud de 520 nm, se finalizó con la lectura de la absorbancia y este procedimiento se realizó por triplicado.

Anexo 6.

Procedimiento de determinación de Proteínas Plasmáticas Totales (PPT) en laboratorio

- Con las muestras en el tubo tapa lila, se dejaron reposar 20 minutos
- Se llevó a la centrifuga a 2000 rpm para separar el coagulo
- Luego con una pipeta se pasó el plasma a un tubo de ensayo
- Se tapó y se rotuló de manera adecuada para identificar las diferentes muestras según el diseño experimental
- En otro tubo de ensayo se adicionó 0,5 mL suero y 9,5 mL de Na₂SO₄ del 22,6%, se agitó vigorosamente hasta que el suero quedo completamente disuelto, se rotuló como SSTP1 y se realizó lo mismo con cada muestra.
- Se agregaron los reactivos necesarios para el proceso, 1,0 mL agua destilada al tubo blanco, albumina al 0,5% 1,0mL al tubo estándar, de SSPT 1,0 mL a las muestras y 4,0 mL del reactivo biuret al tubo blanco, al estándar y a todas las muestras con plasma sanguíneo. Se Agitaron por diez segundos y se dejaron reposar por diez minutos.
- Por último, se calibró el aparato con la solución del tubo blanco hasta tener una absorbancia de 0,00, las muestras se llevaron al espectrofotómetro a una longitud de onda 545 nm y se registraron los valores para cada muestra, repitiendo dos veces las lecturas de las absorbancias consideradas como réplicas, con un periodo de diferencia de 15 minutos.

Anexo 7.

Procedimiento de determinación de nitrógeno ureico (BUN) en laboratorio

- **Reactivo A:** En un beaker de 200 mL se agregó 100 mL de salicilato de sodio 0,312M en buffer fosfato 0,100M pH 7,0 y 100 mL de nitroputasio de sodio 0,017M en Buffer Fosfato 0,100M pH=7,0, se agitó y se rotuló
- **Reactivo B:** En un balón aforado de 50 mL, se adicionó dos mL de ureasa 0,1% en buffer fosfato 0,100M pH 7,0 y 48 mL de reactivo A. Se agitó y se rotuló
- **Reactivo C:** en un beaker se adicionó hipoclorito de sodio: NaCl 0,120M y se disolvió en NaOH 0,028M.

- **Curva de calibración:** Se alistaron seis tubos de ensayo y se rotularon, para adicionar reactivos en el orden y cantidad indicada, se aplicaron de la siguiente manera: Urea 30mg/L 0,0 mL; 0,2 mL; 0,4 mL; 0,6 mL; 0,8 mL; 1,0 mL; en los tubos B,1,2,3,4,5 respectivamente. buffer fosfato pH:7,0. 1,0 mL; 0,8 mL; 0,6 mL; 0,4 mL; 0,2 mL; 0,0 mL en los tubos B,1,2,3,4,5 respectivamente y reactivo A 4,0 mL en todos los tubos, luego se agito por un minuto, fue llevado al baño termostato y se incubó durante cinco minutos a una temperatura 37°C, se adicionó reactivo B 5,0 mL a todos los tubos y nuevamente se agitó por un minuto y se llevó al termostato durante cinco minutos, se dejó enfriar y se llevó a la lectura de absorbancia a una onda de 600 nm en el espectrofotómetro.
- **Lectura de las muestras:** En los tubos que se requerían para el ensayo se adicionaron los reactivos: urea 30 mg/dl 50 µL en el estándar, buffer fosfato pH:7.0 100 µL en el blanco y 50 µL en el estándar y las muestras, suero sanguíneo 50 µL en todas las muestras y el reactivo C 4,9 mL en todos los tubos, Se agitaron por un minuto y se llevaron al termostato por cinco minutos a una temperatura de 37°C, luego de este procedimiento se adicionó el reactivo B 5,0 mL en todos los tubos, seguidamente se agitaron y fueron llevados al termostato por cinco minutos y a una temperatura 37°C. se leyó absorbancia en el espectrofotómetro a una onda de 600 nm.

Anexo 8.

Procedimiento de determinación de la enzima superóxido dismutasa (SODx) en laboratorio

- **Reactivo A:** Se utilizaron 75 mL de tretrazolio más 75 mL de EDTA se agitó y se rotuló.
- **Reactivo B:** Se agregaron 125 mL de hidroxilamina más 125 mL de CaCO₃ y se rotuló.
- Se alistaron los tubos de ensayo con el plasma sanguineo
- Para cada tubo se adicionó 100 µL de plasma equino, luego 1,75 mL del reactivo A y se agitó por cinco segundos, seguido a esto se adicionó 2,75 mL de reactivo B y se agitó por diez segundos
- Se llevó al espectrofotómetro y se calibró a 560 nm con H₂O
- Se leyó la absorbancia cada cinco minutos (réplicas) en un intervalo de dos horas y se registraron los datos.

Anexo 9.

Curva de calibración proteína total por método de Biuret-Lowry

		Celdas										
		B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Replicas	1	0,000	0,063	0,1	0,147	0,218	0,300	0,330	0,357	0,384	0,386	0,429
	2	0,000	0,086	0,13	0,125	0,161	0,272	0,349	0,381	0,403	0,471	0,483
	3	0,000	0,098	0,14	0,148	0,192	0,249	0,328	0,337	0,411	0,426	0,472
	4	0,000	0,111	0,13	0,154	0,204	0,274	0,315	0,395	0,405	0,475	0,485

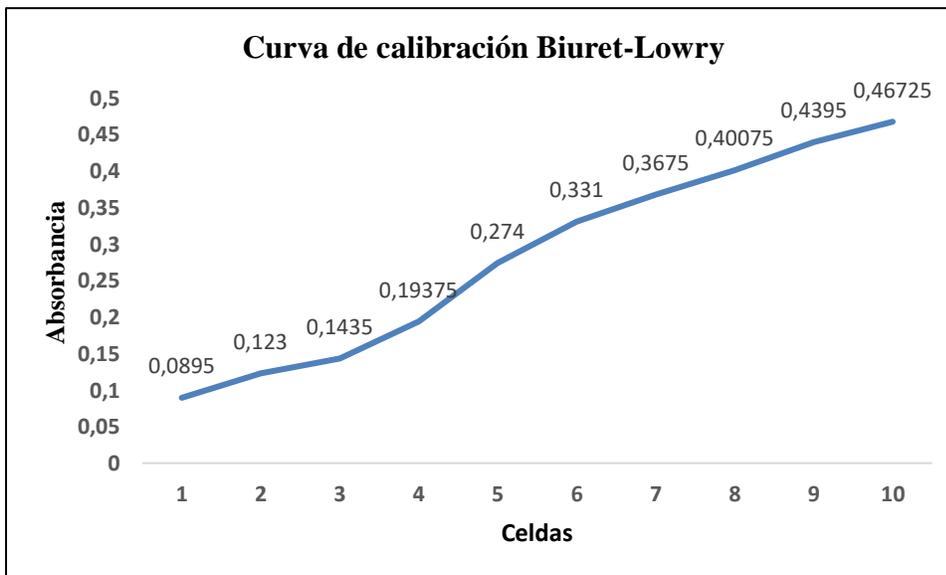
0	0,000
0,1	0,063
0,2	0,097
0,3	0,147
0,4	0,218
0,5	0,300
0,6	0,330
0,7	0,357
0,8	0,384
0,9	0,386
1,0	0,429

0	0,000
0,1	0,086
0,2	0,125
0,3	0,125
0,4	0,161
0,5	0,272
0,6	0,349
0,7	0,381
0,8	0,403
0,9	0,471
1,0	0,483

0	0,000
0,1	0,098
0,2	0,137
0,3	0,148
0,4	0,192
0,5	0,249
0,6	0,328
0,7	0,337
0,8	0,411
0,9	0,426
1,0	0,472

0	0,000
0,1	0,111
0,2	0,133
0,3	0,154
0,4	0,204
0,5	0,274
0,6	0,315
0,7	0,395
0,8	0,405
0,9	0,475
1,0	0,485

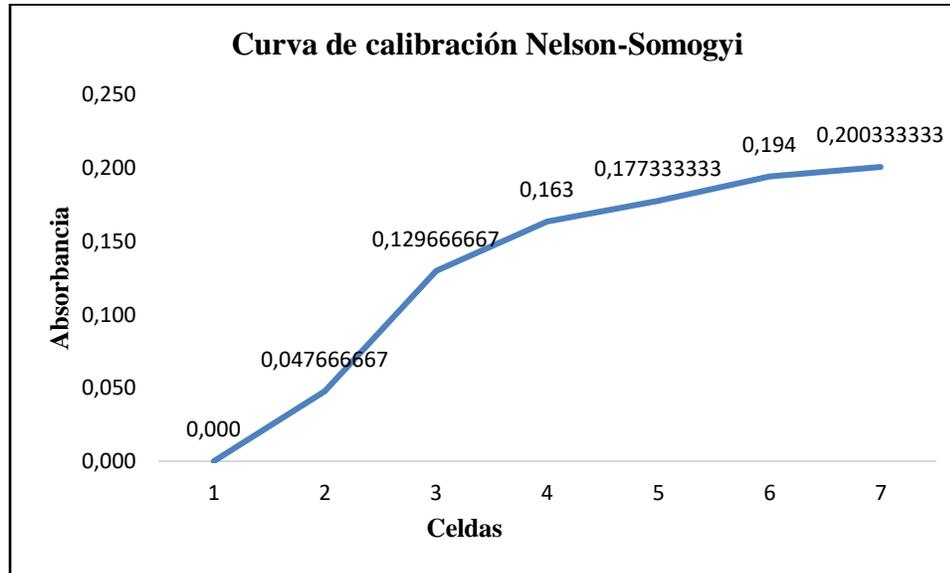
Curva de calibración Biuret-Lowry



Anexo 10.

Curva de calibración glucosa por método Nelson-Somogyi

		Celdas (Absorbancia)						
		B	1	2	3	4	5	6
Replicas	1	0,000	0,013	0,057	0,068	0,097	0,139	0,141
	2	0,000	0,012	0,118	0,203	0,210	0,216	0,229
	3	0,000	0,118	0,214	0,218	0,225	0,227	0,231



Anexo 11.

Análisis de varianza (INFOSTAT) de la frecuencia cardiaca

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FC	16	0,99	0,99	7,31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	46764,08	5	9352,82	208,40	<0,0001
sexo	1,89	1	1,89	0,04	0,8415
tratamiento	52,17	3	17,39	0,39	0,7645
momento	46710,02	1	46710,02	1040,82	<0,0001
Error	448,78	10	44,88		
Total	47212,86	15			

Sexo: Se acepta la hipótesis nula (ho) y no se presentan diferencias estadísticas (P>0,050)

Tratamiento: Se acepta la hipótesis nula (ho) y no se presentan diferencias estadísticas (P>0,050)

Momento: Se acepta la hipótesis alternativa (ha) y se presentan diferencias altamente significativas ($P < 0,010$)

Se presentan diferencias altamente significativas entre el “antes” y el “después” del experimento.

```
Test:Duncan Alfa=0,01
Error: 44,8781 gl: 10
sexo Medias n E.E.
1 91,31 8 2,37 A
2 92,00 8 2,37 A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,01)
```

```
Test:Duncan Alfa=0,01
Error: 44,8781 gl: 10
tratamiento Medias n E.E.
1 89,13 4 3,35 A
3 91,00 4 3,35 A
4 92,50 4 3,35 A
2 94,00 4 3,35 A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,01)
```

```
Test:Duncan Alfa=0,01
Error: 44,8781 gl: 10
momento Medias n E.E.
1 37,63 8 2,37 A
2 145,69 8 2,37 B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,01)
```

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
FC	16	91,66	56,10	0,67	<0,0001

Anexo 12.

Análisis de varianza (INFOSTAT) de la frecuencia respiratoria

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FR	16	0,98	0,97	13,53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	19131,94	5	3826,39	92,13	<0,0001
sexo	16,00	1	16,00	0,39	0,5487
tratamiento	140,88	3	46,96	1,13	0,3829
momento	18975,06	1	18975,06	456,89	<0,0001
Error	415,31	10	41,53		
Total	19547,25	15			

Sexo: Se acepta la hipótesis nula (h_0) y no se presentan diferencias estadísticas ($P > 0,050$)

Tratamiento: Se acepta la hipótesis nula (h_0) y no se presentan diferencias estadísticas ($P > 0,050$)

Momento: Se acepta la hipótesis alternativa (h_a) y se presentan diferencias altamente significativas ($P < 0,010$)

Se presentan diferencias altamente significativas entre el “antes” y el “después” del experimento.

Test:Duncan Alfa=0,01

Error: 41,5313 gl: 10

sexo	Medias	n	E.E.
1	46,63	8	2,28 A
2	48,63	8	2,28 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,01$)

Test:Duncan Alfa=0,01

Error: 41,5313 gl: 10

tratamiento	Medias	n	E.E.
4	44,88	4	3,22 A
1	46,25	4	3,22 A
3	46,75	4	3,22 A
2	52,63	4	3,22 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,01$)

Test:Duncan Alfa=0,01

Error: 41,5313 gl: 10

momento	Medias	n	E.E.
1	13,19	8	2,28 A
2	82,06	8	2,28 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,01$)

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
FR	16	47,63	36,10	0,71	<0,0001

Anexo 13.

Análisis de varianza (INFOSTAT) de la temperatura corporal

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
T	16	0,52	0,28	0,67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,69	5	0,14	2,15	0,1425
sexo	0,03	1	0,03	0,47	0,5069
tratamiento	0,14	3	0,05	0,71	0,5700
momento	0,53	1	0,53	8,13	0,0172
Error	0,65	10	0,06		
Total	1,34	15			

Sexo: Se acepta la hipótesis nula (H_0) y no se presentan diferencias estadísticas ($P > 0,050$)

Tratamiento: Se acepta la hipótesis nula (H_0) y no se presentan diferencias estadísticas ($P > 0,050$)

Momento: Se acepta la hipótesis alternativa (H_a) y se presentan diferencias significativas ($< 0,050$) ($P > 0,010$).

No se presentan diferencias significativas entre sexo y tratamiento, se presentan diferencias significativas entre el “antes” y “después” del experimento.

Test:Duncan Alfa=0,01

Error: 0,0646 gl: 10

sexo	Medias	n	E.E.
2	38,01	8	0,09 A
1	38,10	8	0,09 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,01$)

Test:Duncan Alfa=0,01

Error: 0,0646 gl: 10

tratamiento	Medias	n	E.E.
1	37,93	4	0,13 A
2	38,03	4	0,13 A
3	38,10	4	0,13 A
4	38,18	4	0,13 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,01$)

Test:Duncan Alfa=0,01

Error: 0,0646 gl: 10

momento	Medias	n	E.E.
1	37,88	8	0,09 A
2	38,24	8	0,09 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,01$)

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
T	16	38,06	0,30	0,92	0,3344

Anexo 14.

Análisis de varianza (INFOSTAT) de pH

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PH	16	0,63	0,44	2,38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,49	5	0,10	3,39	0,0475
sexo	0,01	1	0,01	0,44	0,5236
tratamiento	0,07	3	0,02	0,83	0,5075
momento	0,41	1	0,41	14,03	0,0038
Error	0,29	10	0,03		
Total	0,78	15			

Sexo: Se acepta la hipótesis nula (h_0) y no se presentan diferencias estadísticas ($P > 0,050$)

Tratamiento: Se acepta la hipótesis nula (h_0) y no se presentan diferencias estadísticas ($P > 0,050$)

Momento: Se acepta la hipótesis nula (h_0) y no se presentan diferencias estadísticas ($P > 0,050$)

No se presentan diferencias altamente significativas entre el “antes” y el “después” del experimento.

Test:Duncan Alfa=0,01
 Error: 0,0290 gl: 10
sexo Medias n E.E.
 2 7,13 ± 0,06 A
 1 7,19 ± 0,06 A
 Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,01)

Test:Duncan Alfa=0,01
 Error: 0,0290 gl: 10
tratamiento Medias n E.E.
 2 7,07 ± 0,09 A
 4 7,12 ± 0,09 A
 3 7,21 ± 0,09 A
 1 7,24 ± 0,09 A
 Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,01)

Test:Duncan Alfa=0,01
 Error: 0,0290 gl: 10
momento Medias n E.E.
 1 7,00 ± 0,06 A
 2 7,32 ± 0,06 B
 Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,01)

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
PH	16	7,16	0,23	0,79	0,0011

Anexo 15.

Análisis de varianza (INFOSTAT) de las proteínas plasmáticas totales

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ppt promed	16	0,43	0,15	6,99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,45	5	0,29	1,54	0,2628
sexo	1,4E-03	1	1,4E-03	0,01	0,9329
tratamiento	1,19	3	0,40	2,10	0,1632
momentos	0,26	1	0,26	1,36	0,2699
Error	1,89	10	0,19		
Total	3,34	15			

Sexo: Se acepta la hipótesis nula (ho) y no se presentan diferencias estadísticas (P>0,050)

Tratamiento: Se acepta la hipótesis nula (ho) y no se presentan diferencias estadísticas (P>0,050)

Momento: Se acepta la hipótesis nula (ho) y no se presentan diferencias estadísticas (P>0,050)

No se presentan diferencias significativas entre sexo, tratamiento ni momento.

Test:Duncan Alfa=0,01

Error: 0,1888 gl: 10

sexo	Medias	n	E.E.
1	6,21	8	0,15 A
2	6,23	8	0,15 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,01)

Test:Duncan Alfa=0,01

Error: 0,1888 gl: 10

tratamiento	Medias	n	E.E.
4	5,81	4	0,22 A
3	6,17	4	0,22 A
1	6,32	4	0,22 A
2	6,57	4	0,22 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,01)

Test:Duncan Alfa=0,01

Error: 0,1888 gl: 10

momentos	Medias	n	E.E.
1	6,09	8	0,15 A
2	6,34	8	0,15 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,01)

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
ppt promedi	16	6,22	0,47	0,93	0,4846

Anexo 16.

Análisis de varianza (INFOSTAT) de la glucosa por método de Nelson-Somogyi

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
glu promedi	16	0,69	0,54	26,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10395,89	5	2079,18	4,54	0,0203
sexo	31,53	1	31,53	0,07	0,7985
tratamiento	3545,73	3	1181,91	2,58	0,1121
momentos	6818,63	1	6818,63	14,87	0,0032
Error	4584,47	10	458,45		
Total	14980,36	15			

Sexo: Se acepta la hipótesis nula (h_0) y no se presentan diferencias estadísticas ($P > 0,050$)

Tratamiento: Se acepta la hipótesis nula (h_0) y no se presentan diferencias estadísticas ($P > 0,050$)

Momento: Se acepta la hipótesis alternativa (h_a) y se presentan diferencias altamente significativas ($P < 0,010$).

No se presentan diferencias significativas entre sexo y tratamiento, se presentan diferencias altamente significativas entre el “antes” y “después” del experimento.

```
Test:Duncan Alfa=0,01
Error: 458,4471 gl: 10
sexo Medias n E.E.
1 79,93 8 7,57 A
2 82,74 8 7,57 A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,01)
```

```
Test:Duncan Alfa=0,01
Error: 458,4471 gl: 10
tratamiento Medias n E.E.
1 68,77 4 10,71 A
2 71,83 4 10,71 A
3 78,33 4 10,71 A
4 106,42 4 10,71 A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,01)
```

```
Test:Duncan Alfa=0,01
Error: 458,4471 gl: 10
momentos Medias n E.E.
1 60,69 8 7,57 A
2 101,98 8 7,57 B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,01)
```

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
glu promedi	16	81,33	31,60	0,92	0,3663

Anexo 17.

Análisis de varianza (INFOSTAT) de la enzima superóxido dismutasa

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
SODx	16	0,14	0,00	108,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,6E-05	5	3,2E-06	0,33	0,8857
sexo	1,1E-06	1	1,1E-06	0,12	0,7397
tratamiento	1,4E-05	3	4,6E-06	0,47	0,7106
momento	1,1E-06	1	1,1E-06	0,11	0,7467
Error	9,8E-05	10	9,8E-06		
Total	1,1E-04	15			

Sexo: Se acepta la hipótesis nula (ho) y no se presentan diferencias estadísticas (P>0,050)

Tratamiento: Se acepta la hipótesis nula (ho) y no se presentan diferencias estadísticas (P>0,050)

Momento: Se acepta la hipótesis nula (ho) y no se presentan diferencias estadísticas (P>0,050)

No se presentan diferencias significativas entre sexo, tratamiento ni momento.

Test:Duncan Alfa=0,01

Error: 0,0000 gl: 10

sexo	Medias	n	E.E.
2	2,6E-03	8	1,1E-03 A
1	3,1E-03	8	1,1E-03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,01)

Test:Duncan Alfa=0,01

Error: 0,0000 gl: 10

tratamiento	Medias	n	E.E.
4	1,4E-03	4	1,6E-03 A
1	3,0E-03	4	1,6E-03 A
2	3,0E-03	4	1,6E-03 A
3	4,0E-03	4	1,6E-03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,01)

Test:Duncan Alfa=0,01

Error: 0,0000 gl: 10

momento	Medias	n	E.E.
1	2,6E-03	8	1,1E-03 A
2	3,1E-03	8	1,1E-03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,01)

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral B)
SCDw	16	2,9E-03	2,8E-03	0,84	0,0114

Anexo 18.

Análisis de varianza (INFOSTAT) del nitrógeno uréico

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
BUN	16	0,19	0,00	8,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,25	5	1,05	0,46	0,7966
sexo	1,6E-03	1	1,6E-03	7,0E-04	0,9794
tratamiento	2,49	3	0,83	0,36	0,7799
momento	2,76	1	2,76	1,21	0,2968
Error	22,74	10	2,27		
Total	27,99	15			

Sexo: Se acepta la hipótesis nula (ho) y no se presentan diferencias estadísticas (P>0,050)

Tratamiento: Se acepta la hipótesis nula (ho) y no se presentan diferencias estadísticas (P>0,050)

Momento: Se acepta la hipótesis nula (ho) y no se presentan diferencias estadísticas (P>0,050)

No se presentan diferencias significativas entre sexo, tratamiento ni momento.

Test:Duncan Alfa=0,01
 Error: 2,274E g1: 10
 sexo Medias n E.E.
 2 17,57 4 0,53 A
 1 17,55 4 0,53 A
 Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,01)

Test:Duncan Alfa=0,01
 Error: 2,274E g1: 10
 tratamiento Medias n E.E.
 4 17,56 4 0,75 A
 1 17,56 4 0,75 A
 2 17,56 4 0,75 A
 3 18,05 4 0,75 A
 Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,01)

Test:Duncan Alfa=0,01
 Error: 2,274E g1: 10
 momento Medias n E.E.
 1 17,17 8 0,53 A
 2 18,00 8 0,53 A
 Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,01)

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
BUN	16	17,58	1,37	0,94	0,5170

Anexo 19.

Correlación múltiple de Pearson entre variables antes del ejercicio

InfoStat/L - Nueva tabla - [Resultados]

Archivo Edición Datos Resultados Estadísticas Gráficos Ventanas Aplicaciones Ayuda



Nueva tabla : 21/09/2020 - 8:31:00 p. m. - [Versión : 30/04/2020]

Coefficientes de correlación

Correlación de Pearson

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
FC	FC	8	1,00	<0,0001
FC	FR	8	0,60	0,1147
FC	T	8	-0,55	0,1556
FC	GLU	8	-0,08	0,8548
FC	PPT	8	-0,09	0,8375
FC	BUN	8	-0,66	0,0743
FC	SODx	8	0,38	0,3564
FC	pH	8	0,58	0,1356
FR	FC	8	0,60	0,1147
FR	FR	8	1,00	<0,0001
FR	T	8	-0,56	0,1463
FR	GLU	8	-0,41	0,3181
FR	PPT	8	0,38	0,3541
FR	BUN	8	-0,08	0,8554
FR	SODx	8	0,33	0,4179
FR	pH	8	0,24	0,5587
T	FC	8	-0,55	0,1556
T	FR	8	-0,56	0,1463
T	T	8	1,00	<0,0001
T	GLU	8	0,32	0,4450
T	PPT	8	0,24	0,5733
T	BUN	8	0,07	0,8668
T	SODx	8	-0,22	0,5991
T	pH	8	-0,48	0,2309

GLU	FC	8	-0,08	0,8548
GLU	FR	8	-0,41	0,3181
GLU	T	8	0,32	0,4450
GLU	GLU	8	1,00	<0,0001
GLU	PPT	8	0,26	0,5414
GLU	BUN	8	0,23	0,5886
GLU	SODx	8	-0,68	0,0631
GLU	pH	8	0,37	0,3688
PPT	FC	8	-0,09	0,8375
PPT	FR	8	0,38	0,3541
PPT	T	8	0,24	0,5733
PPT	GLU	8	0,26	0,5414
PPT	PPT	8	1,00	<0,0001
PPT	BUN	8	0,21	0,6191
PPT	SODx	8	-0,12	0,7813
PPT	pH	8	0,31	0,4538
BUN	FC	8	-0,66	0,0743
BUN	FR	8	-0,08	0,8554
BUN	T	8	0,07	0,8668
BUN	GLU	8	0,23	0,5886
BUN	PPT	8	0,21	0,6191
BUN	BUN	8	1,00	<0,0001
BUN	SODx	8	-0,54	0,1627
BUN	pH	8	-0,35	0,3966
SODx	FC	8	0,38	0,3564
SODx	FR	8	0,33	0,4179
SODx	T	8	-0,22	0,5991
SODx	GLU	8	-0,68	0,0631
SODx	PPT	8	-0,12	0,7813
SODx	BUN	8	-0,54	0,1627
SODx	SODx	8	1,00	<0,0001
SODx	pH	8	0,08	0,8438
pH	FC	8	0,58	0,1356
pH	FR	8	0,24	0,5587
pH	T	8	-0,48	0,2309
pH	GLU	8	0,37	0,3688
pH	PPT	8	0,31	0,4538
pH	BUN	8	-0,35	0,3966
pH	SODx	8	0,08	0,8438
pH	pH	8	1,00	<0,0001

Anexo 20.

Correlación múltiple de Pearson entre variables después del ejercicio

InfoStat/L - Nueva tabla - [Resultados]

Archivo Edición Datos Resultados Estadísticas Gráficos Ventanas Aplicaciones Ayuda

00 00 A A⁺ A⁻

Nueva tabla : 21/09/2020 - 8:42:53 p. m. - [Versión : 30/04/2020]

Coeficientes de correlación

Correlación de Pearson

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
FC	FC	8	1,00	<0,0001
FC	FR	8	0,79	0,0193
FC	T	8	0,69	0,0590
FC	GLU	8	0,29	0,4796
FC	PPT	8	0,03	0,9430
FC	BUN	8	-0,62	0,0991
FC	SODx	8	-0,75	0,0336
FC	pH	8	0,24	0,5743
FR	FC	8	0,79	0,0193
FR	FR	8	1,00	<0,0001
FR	T	8	0,21	0,6235
FR	GLU	8	-0,15	0,7226
FR	PPT	8	0,47	0,2430
FR	BUN	8	-0,36	0,3875
FR	SODx	8	-0,49	0,2168
FR	pH	8	0,24	0,5678
T	FC	8	0,69	0,0590
T	FR	8	0,21	0,6235
T	T	8	1,00	<0,0001
T	GLU	8	0,81	0,0138
T	PPT	8	-0,43	0,2820
T	BUN	8	-0,25	0,5542
T	SODx	8	-0,69	0,0601
T	pH	8	-0,19	0,6545

 Archivo
  Edición
  Datos
  Resultados
  Estadísticas
  Gráficos
  Ventanas
  Aplicaciones
  Ayuda






 .00 .00
 






GLU	FC	8	0,29	0,4796
GLU	FR	8	-0,15	0,7226
GLU	T	8	0,81	0,0138
GLU	GLU	8	1,00	<0,0001
GLU	PPT	8	-0,62	0,1018
GLU	BUN	8	-0,03	0,9502
GLU	SODx	8	-0,63	0,0925
GLU	pH	8	-0,28	0,5004
PPT	FC	8	0,03	0,9430
PPT	FR	8	0,47	0,2430
PPT	T	8	-0,43	0,2820
PPT	GLU	8	-0,62	0,1018
PPT	PPT	8	1,00	<0,0001
PPT	BUN	8	0,26	0,5413
PPT	SODx	8	0,17	0,6852
PPT	pH	8	-0,07	0,8686
BUN	FC	8	-0,62	0,0991
BUN	FR	8	-0,36	0,3875
BUN	T	8	-0,25	0,5542
BUN	GLU	8	-0,03	0,9502
BUN	PPT	8	0,26	0,5413
BUN	BUN	8	1,00	<0,0001
BUN	SODx	8	0,37	0,3636
BUN	pH	8	-0,71	0,0478
SODx	FC	8	-0,75	0,0336
SODx	FR	8	-0,49	0,2168
SODx	T	8	-0,69	0,0601
SODx	GLU	8	-0,63	0,0925
SODx	PPT	8	0,17	0,6852
SODx	BUN	8	0,37	0,3636
SODx	SODx	8	1,00	<0,0001
SODx	pH	8	-0,17	0,6955
pH	FC	8	0,24	0,5743
pH	FR	8	0,24	0,5678
pH	T	8	-0,19	0,6545
pH	GLU	8	-0,28	0,5004
pH	PPT	8	-0,07	0,8686
pH	BUN	8	-0,71	0,0478
pH	SODx	8	-0,17	0,6955
pH	pH	8	1,00	<0,0001