



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DEL PERFIL METABÓLICO DURANTE  
LOS PERÍODOS PREPARTO Y POSPARTO EN BOVINOS DE ALTA  
PRODUCCIÓN LECHERA UBICADOS EN LA HACIENDA  
MIRAFLORES BAJO #4

Autor

Andrés Miguel Amador Dagama

Año  
2019



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DEL PERFIL METABÓLICO DURANTE  
LOS PERÍODOS PREPARTO Y POSPARTO EN BOVINOS DE ALTA  
PRODUCCIÓN LECHERA UBICADOS EN LA HACIENDA MIRAFLORES  
BAJO #4

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

Profesor guía

Cristian Fernando Cárdenas Aguilera

Autor

Andrés Miguel Amador Dagama

Año

2019

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, Determinación de los valores del perfil metabólico durante los períodos preparto y posparto en bovinos de alta producción lechera ubicados en la Hacienda Miraflores Bajo #4, a través de reuniones periódicas con el estudiante Andrés Miguel Amador Dagama, en el semestre 2019-20, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

Cristian Fernando Cárdenas Aguilera

Médico Veterinario Zootecnista

C.I. 1718185778

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, Determinación de los valores del perfil metabólico durante los períodos preparto y posparto en bovinos de alta producción lechera ubicados en la Hacienda Miraflores Bajo #4, del estudiante Andrés Miguel Amador Dagama, en el semestre 2019-20, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

Joar Marcelino García Flores  
Médico veterinario zootecnista  
CI: 1708655475

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

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

---

Andrés Miguel Amador Dagama  
C.I. 1717195596

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres y profesores por todo el apoyo brindado, en especial al Dr. Joar García y mi tutor, el Dr. Cristian Cárdenas, por su apoyo y ser mi guía en la realización de este proyecto de titulación.

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a mi madre Soraya da Gama, a mi padre Jorge Amador, a mi familia Ivonne, Jackie y Jorge Amador por ser el soporte de mi formación académica, al igual que a mi amiga Karla Borja por estar siempre presente con su apoyo.

## RESUMEN

Al ser el perfil metabólico una herramienta diagnóstica no difundida en el Ecuador, en el país se han empleado métodos empíricos e ineficientes para equilibrar alteraciones del período de transición. Para esto, el objetivo de este estudio fue determinar los valores del perfil metabólico durante los períodos preparto y posparto en bovinos de alta producción lechera ubicados en la Hacienda Miraflores Bajo #4 (Tambillo-Ecuador). De una población de 281 bovinos, se seleccionaron mediante criterios de inclusión y exclusión 8 de alta producción, a los cuales se les realizó venopunción de la vena coccígea 15 días antes de la fecha más probable de parto con el fin de medir en campo  $\beta$ -hidroxibutirato y enviar al laboratorio LABVET una muestra para la medición de glucosa, urea, triglicéridos, colesterol, creatinina, proteínas totales, hemoglobina, ALT, AST, GGT y albúmina, repitiendo el muestreo el día 42 posparto, siendo 20 días antes del primer servicio posparto. Se aplicó estadística descriptiva y se calculó el valor de H por período, en donde se determinó que la glucosa, triglicéridos, ALT y hemoglobina presentaron deficiencia en el preparto, mientras que triglicéridos, ALT, GGT y hemoglobina presentaron deficiencia en el posparto, período en el cual se observó un exceso de  $\beta$ -hidroxibutirato. Para establecer una diferencia significativa del valor de cada metabolito entre ambos períodos se utilizó la prueba de t de student, con un intervalo de confianza del 95% en donde se observó que AST (*p*-valor 0,031), creatinina (*p*-valor 0,038) y  $\beta$ -hidroxibutirato (*p*-valor 0,000) mostraron diferencia significativa, mientras que el resto de los metabolitos analizados, no presentaron diferencia significativa. Se concluye que los animales muestreados presentaron en un balance energético negativo en el período de transición, el mismo que provocó alteración en la vía energética, proteínica y enzimática, visto el gran esfuerzo metabólico al cual se exponen los animales.

Palabras clave: Perfil metabólico, bovinos, glucosa, urea, creatinina, ALT, AST, GGT,  $\beta$ -hidroxibutirato, creatinina, triglicéridos, colesterol, hemoglobina y albúmina.

## ABSTRACT

Being the metabolic profile, a diagnostic tool not disseminated in Ecuador, empirical or inefficient methods have been used in the country to balance the alterations of the transition period. Because of this, the objective of this study was to determine the values of the metabolic profile during the prepartum, and postpartum periods in high-producing dairy cattle at Hacienda Miraflores Bajo # 4 (Tambillo-Ecuador). From a population of 281 cattle eight high-producing cattle were selected using the inclusion and exclusion criteria, to which venipuncture of the coccygeal vein was performed 15 days before the most probable date of delivery in order to measure in the field  $\beta$ -hydroxybutyrate and send to LABVET laboratory a sample for the measurement of glucose, urea, triglycerides, cholesterol, creatinine, total proteins, hemoglobin, ALT, AST, GGT and albumin, repeating the sampling on the 42<sup>nd</sup> postpartum day, being 20 days before the first postpartum service. Descriptive statistics were applied, and the H value was calculated per period, where it was determined that glucose, triglycerides, ALT and hemoglobin presented deficiency in the prepartum, while triglycerides, ALT, GGT and hemoglobin presented deficiency in the postpartum, at the time it was observed an excess of  $\beta$ -hydroxybutyrate. With a 95% confidence interval, a t test was performed to established if there existed a significative difference between the values of each metabolite obtained in the prepartum and postpartum, where AST (*p-value* 0.031), creatinine (*p-value* 0.038) and  $\beta$  - hydroxybutyrate (*p-value* 0.000) were found to differ significantly, while the rest of the metabolites analyzed didn't. It is concluded that the animals sampled had a negative energy balance in the transition period, the same one that caused an alteration in the energetic, proteinic and enzymatic pathway, exposing animals to a great metabolic effort.

Key words: Metabolic profile, cattle, glucose, urea, creatinine, ALT, AST, GGT,  $\beta$ -hydroxybutyrate, creatinine, triglycerides, cholesterol, hemoglobin and albumin.

## ÍNDICE

Capítulo I: Introducción.....	1
1.1.    Objetivos.....	3
1.1.1.    Objetivo general.....	3
1.1.2.    Objetivos específicos.....	3
1.2.    Hipótesis.....	4
Capítulo II: Marco teórico.....	5
2.1.    Período de transición del parto al posparto bovino.....	5
2.1.1.    Parto.....	6
2.1.2.    Posparto.....	8
2.2.    Perfil metabólico.....	20
2.2.1.    Aplicaciones.....	22
2.2.2.    Ventajas y desventajas.....	23
2.2.3.    Metodología.....	23
2.2.4.    Rangos de referencia.....	24
2.2.5.    Determinación y análisis del valor H.....	26
2.2.6.    Vías de análisis del perfil metabólico.....	26
Capítulo III: Materiales y métodos.....	34
3.1.    Ubicación.....	34

3.2. Población y muestra .....	35
3.3. Materiales.....	37
3.4. Metodología .....	37
3.4.1. Levantamiento de información .....	38
3.4.2. Toma de muestra.....	38
3.4.3. Procesamiento de la muestra .....	38
3.5. Análisis estadístico .....	39
Capítulo IV: Resultados y discusión.....	41
4.1. Resultados y discusión .....	41
4.1.1. Glucosa.....	41
4.1.2. Urea .....	45
4.1.3. Creatinina .....	48
4.1.4. Triglicéridos.....	51
4.1.5. Colesterol.....	55
4.1.6. ALT .....	58
4.1.7. AST .....	61
4.1.8. GGT .....	64
4.1.9. Proteínas totales .....	66
4.1.10. Albúmina.....	69
4.1.11. Hemoglobina.....	72

4.1.12. $\beta$ -hidroxibutirato .....	75
4.2. Diagnóstico del hato .....	78
4.3. Limitantes .....	79
Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones .....	81
5.1. Conclusiones.....	81
5.2. Recomendaciones .....	81
REFERENCIAS .....	84
ANEXOS .....	92

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 .....	12
Tabla 2.....	20
Tabla 3.....	23
Tabla 4.....	25
Tabla 5.....	25
Tabla 6.....	35
Tabla 7.....	35
Tabla 8.....	36
Tabla 9.....	36
Tabla 10.....	37
Tabla 11.....	39
Tabla 12.....	41
Tabla 13.....	44
Tabla 14.....	48
Tabla 15.....	51
Tabla 16.....	54
Tabla 17.....	58
Tabla 18.....	61
Tabla 19.....	63
Tabla 20.....	66
Tabla 21.....	69
Tabla 22.....	72
Tabla 23.....	74
Tabla 24.....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Alteraciones presentes en el puerperio. ....	5
Figura 2. <i>Mecanismo sugerido para patologías del periparto en el bovino lechero</i> .....	9
Figura 3: Interacciones entre el sistema inmune, endocrino y metabólico durante el postparto.....	11
Figura 4: Cetosis bovina .....	15
Figura 5: Efectos del balance energético negativo del bovino.....	16
Figura 6. Ubicación de la hacienda Miraflores bajo #4. ....	34
Figura 7. Curva de valores de glucosa en el período preparto .....	42
Figura 8. Curva de valores de glucosa en el período posparto .....	43
Figura 9. Curva de los valores de urea en el período preparto.....	46
Figura 10. Curva de los valores de urea en el período posparto .....	47
Figura 11. Curva de los valores de creatinina en el preparto .....	49
Figura 12. Curva de los valores de creatinina en el período posparto .....	50
Figura 13. Curva de los valores de triglicéridos en el periodo preparto .....	52
Figura 14. Curva de valores de triglicéridos en el período posparto.....	53
Figura 15. Curva para los valores de colesterol durante el período preparto.....	56
Figura 16. Curva de valores de colesterol para el período posparto .....	57
Figura 17. Curva de valores de ALT en el período preparto.....	59
Figura 18. Curva de valores de ALT para el posparto .....	60
Figura 19. Curva de valores de AST en el período preparto .....	62
Figura 20. Curva de valores de AST en el posparto.....	62
Figura 21. Curva de valores de GGT para el preparto .....	64
Figura 22. Curva de valores de GGT para el posparto.....	65
Figura 23. Curva de valores de proteínas totales en el preparto .....	67
Figura 24. Curva de valores de proteínas totales para el posparto .....	68

Figura 25. Curva de valores de albúmina para el parto.....	70
Figura 26. Curva de valores de albúmina para el posparto .....	71
Figura 27. Curva de valores para hemoglobina en el parto.....	73
Figura 28. Curva de valores de hemoglobina para el posparto .....	74
Figura 29. Curva de valores para $\beta$ -hidroxibutirato en el parto.....	75
Figura 30. Curva de valore de $\beta$ -hidroxibutirato en el posparto .....	76

## Capítulo I: Introducción

Desde la implementación del perfil metabólico como herramienta diagnóstica en hatos de producción lechera de bovinos, éste ha sido utilizado por varios investigadores para estudiar el comportamiento de los distintos metabolitos, especialmente en vacas de transición (Duffield & Leblanc, 2009).

Varios autores se han enfocado en la medición de metabolitos en los períodos preparto y posparto para el diagnóstico de patologías metabólicas y así posibles causantes de alteraciones productivas y reproductivas (R. Van Saun, 2006).

En un estudio en 2002 se tomó muestras de sangre de dos grupos de bovinos (alta y baja incidencia de enfermedades metabólicas en el periparto), demostrando en el grupo de alta incidencia valores disminuidos de hematocrito, albúmina, glucosa, colesterol, calcio y magnesio en el periodo de secado (KIDA, 2002).

En el 2015, en otra publicación se señala que con el tiempo, el análisis del perfil metabólico en bovinos muestra aumentos en niveles de metabolitos de función hepática como AST y de metabolismo energético relacionado a la mayor exigencia genética de los animales (Kayano & Kida, 2015).

De igual manera, Van Saun (2016) describe que en los últimos 40 años se han hecho varios análisis metabólicos para determinar los cambios que ocurren en los metabolitos en el periodo de transición y predisponen a enfermedades metabólicas, resaltando el aumento de los niveles de  $\beta$ -hidroxibutirato y ácidos grasos no esterificados circulantes en sangre, y su relación con las principales enfermedades metabólicas.

Más cercano al ámbito de Latinoamérica se realizó un estudio comparativo entre 6 países de Latinoamérica (Chile, México, Venezuela, Brasil, Paraguay y Uruguay), 6 asiáticos y 1 de Europa, en donde se demostró en todos los países

estudiados menos en México y Venezuela, que los niveles de  $\beta$ -hidroxibutirato se elevaron previo al parto demostrando la movilización energética que ocurre antes de éste proceso (Whitaker, Goodger, Garcia, Perera, & Wittwer, 1999).

En Ecuador existe una publicación de Quinteros, Vargas, Barbona y Marini (2017), sobre indicadores metabólicos en la provincia de Napo en bovinos lecheros, analizando si existe variación en los valores del perfil metabólico en 4 genotipos lecheros, encontrando que no existe diferencia significativa.

Además, se han realizado dos estudios de tesis sobre perfiles metabólicos en Cuenca, siendo así que León (2014), estudió problemas reproductivos en bovinos y su relación con el perfil metabólico y Aguilar (2012) analizó el perfil metabólico en bovinos.

Como se aprecia, en el caso de Ecuador, el perfil metabólico no se ha difundido ni se ha desarrollado como método diagnóstico, por lo que en muchos predios no se conoce sobre esta herramienta y sus aportes.

En la Hacienda Miraflores Bajo #4, por otro lado, no se ha utilizado un método diagnóstico para alteraciones en las vías metabólicas de sus bovinos a lo largo de sus 59 años de fundación.

Sin embargo, en el predio se maneja un alto porcentaje de ganado Holstein de alta producción con ascendencia genética estadounidense y canadiense, los mismos que por su elevada producción se encuentran exigidos en el medio que se encuentran presentando problemas reproductivos y una mayor predisposición a patologías con mayor frecuencia en el primer tercio de producción lechera.

La hacienda Miraflores Bajo #4 ha intentado solucionar estas deficiencias que en su mayoría provienen de la dieta mediante el uso de suplementación alimenticia y diferentes técnicas de manejo, las mismas que se han incorporado

sin conocer mediante una prueba diagnóstica el estado de los animales para saber sus necesidades elevando los costos de producción de manera innecesaria y sin resultados evidentes en la salud y el performance reproductivo y productivo de los animales.

El presente proyecto busca beneficiar a la Hacienda Miraflores Bajo #4 con información base del estado de sus animales de alta producción lechera en el periodo preparto al igual que los cambios metabólicos que estos sufren durante el periodo posparto con el fin de determinar alteraciones puntuales que conduzcan a problemas reproductivos y productivos, y sus posibles causas generalmente ligadas al manejo y la nutrición en el predio.

Se espera que con la información aportada en este documento, la hacienda pueda establecer estrategias nutritivas y de manejo durante el periodo preparto y el primer tercio de lactancia antes del servicio reproductivo, maximizando los resultados a obtener durante esta actividad, logrando un beneficio económico para la hacienda, el mismo que se verá reflejado a largo plazo en el aumento productivo del predio y de la tasa de reemplazos obtenidos de su mejor núcleo genético.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

Determinar los valores del perfil metabólico durante los períodos preparto y posparto en bovinos de alta producción lechera ubicados en la Hacienda Miraflores Bajo #4, mediante la toma de muestra sanguínea para compararlos y establecer las posibles alteraciones en la vía metabólica energética, proteínica y enzimática durante estos períodos.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

Seleccionar bovinos preparto del grupo de animales de alta producción de la Hacienda Miraflores Bajo #4 en base a registros con el fin de establecer un grupo homogéneo de animales para obtener resultados del perfil metabólico comparables entre sí y entre los periodos preparto y posparto.

Contrastar los resultados del perfil metabólico de bovinos de alta producción durante los períodos preparto y posparto mediante el análisis estadístico de los valores en cada uno de estos y su comparación para establecer las posibles alteraciones en las vías metabólicas previo al primer servicio.

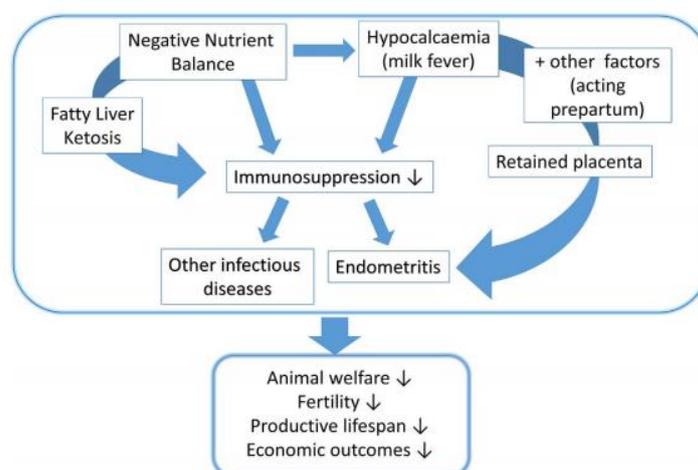
## **1.2. Hipótesis**

Existe diferencia en los parámetros del perfil metabólico en bovinos de alta producción entre los períodos del preparto y posparto en la Hacienda Miraflores Bajo #4.

## Capítulo II: Marco teórico

### 2.1. Período de transición del parto al posparto bovino

Se considera al período de transición como un estado en el que la vaca debe adaptar todo su metabolismo para el comienzo de la producción, por lo que ocurren cambios endocrinos severos, los mismos que conllevan a varias alteraciones como las que se muestran en la figura 1 (Liboreiro et al., 2015).



*Figura 1.* Alteraciones presentes en el puerperio. Se aprecia el ciclo de alteraciones presentes en el puerperio, mostrando como una patología conlleva a otra, y todas estas en inmunosupresión. Todo esto produce disminución en la fertilidad, bienestar animal, vida productiva y economía (Ceciliani, Lecchi, Urh, & Sauerwein, 2018). Tomado de (Ceciliani et al., 2018)

Entre los principales cambios metabólicos que se producen se encuentra la alteración de eje de la hormona de crecimiento, la cual sufre un incremento durante este período con el fin de estimular la gluconeogénesis hepática y así suplir al animal de glucosa para el gasto energético de este período (Piñeiro et al., 2019).

Sin embargo, la hormona de crecimiento también provoca una resistencia a la insulina, lo cual evita el uso de glucosa y por ende estimula lipólisis para movilizar

ácidos grasos, los mismos que se utilizarán como fuente de energía para la producción de leche y desarrollo fetal (Wankhade et al., 2017).

Este ciclo no resulta perjudicial para el bovino hasta que éste comienza la producción, en donde la demanda excesiva de energía provoca la oxidación de los ácidos grasos no esterificados y por ende un sinnúmero de alteraciones como la producción de cetonas, inmunosupresión, menor producción y complicación de fertilidad (Wankhade et al., 2017).

Otro cambio hormonal que ocurre es la regulación de calcio en el organismo del animal debido al incremento de las necesidades de calcio que ocurren para la producción de leche (Albornoz, Morales, & Fidalgo, 2016).

Durante el período seco, la parathormona se mantiene disminuida en el bovino ante la baja necesidad de calcio, mientras que la calcitonina es predominante por lo que la resorción ósea se encuentra disminuida al igual que la absorción de calcio, contrario a lo que ocurre con la excreción de este (Hernandez, 2017).

En el período de transición, el bovino debe adaptar estas hormonas con el fin de aumentar los niveles de parathormona para absorber calcio y aumentar los niveles de este mineral en el plasma, mientras que la calcitonina debe inhibirse (Hernandez, 2017).

En las alteraciones metabólicas el bovino no logra suplir las cantidades de calcio plasmáticas, y hasta esa adaptación sufre de hipocalcemia, alteración que con el tiempo favorece a la producción de cetosis, problemas de fertilidad entre otros (Cecilianí et al., 2018).

### **2.1.1. Parto**

Durante el período seco, la ubre del animal se prepara para la siguiente lactancia debido a la regeneración de las células epiteliales mamarias, además que

permite la recuperación de la condición corporal, maximiza la producción en la siguiente curva de lactancia, disminuye las alteraciones metabólicas en el posparto y optimiza los beneficios de los eventos endócrinos que ocurren el parto (Raheja et al., 2018).

Sin embargo, conforme ocurre el crecimiento fetal, la capacidad de ingesta de materia seca del bovino disminuye debido al espacio que ocupa el feto, al igual que por la interacción hormonal que sufre el bovino (Risco & Melendez Retamal, 2011).

Por este menor consumo, llega a ocurrir una disminución de la curva energética por lo que el animal comienza a movilizar sus reservas nutricionales con el fin de suplir sus necesidades y las del parto y producción subsecuentes (Wankhade et al., 2017).

La disminución del consumo de materia seca además de deberse al espacio que ocupa el feto, se basa en un mecanismo fisiológico que ocurre debido a la estimulación del centro de control de apetito en el cerebro en base a la activación del nervio vago hepático que se da por la concentración de ATP en el hígado (Risco & Melendez Retamal, 2011).

En esta etapa existe un aumento de combustibles que llegan hígado por la movilización de reservas para la producción de leche y crecimiento fetal, lo que conlleva a un incremento de ATP y por ende estimulación de la saciedad y depresión del centro de alimentación (Cecilianani et al., 2018).

Por estos cambios metabólicos se sugiere dividir al preparto en el período de menor atención que involucra desde el secado hasta antes del día 21 preparto, el cual se considera la etapa previa a la transición, y en segundo lugar al grupo de mayor atención que se extiende desde el día 21 previo al parto, hasta el día de este evento (Risco & Melendez Retamal, 2011).

### 2.1.2. Posparto

El posparto es considerado el momento con mayores alteraciones metabólicas en el bovino debido a que comienza la producción y se inicia el restablecimiento de la reproducción, por lo que cualquier alteración presente va a disminuir el éxito de ambos factores, además que ocasionaría cambios negativos en el estado de salud del animal (Ceciliani et al., 2018).

Durante el posparto ocurren varias alteraciones como se muestran en la figura 2, las cuales llevan al animal a cumplir varios cambios metabólicos que involucran en su mayoría el hígado, ocasionando patologías en este (Wankhade et al., 2017).

La disminución a la sensibilidad de la insulina, o la concentración de esta, ocasiona una menor glucosa disponible, todo esto por la disminución de consumo de materia seca y por ende el menor consumo energético lo que conduce una mayor movilización de las reservas grasas (Wankhade et al., 2017).

En la figura 2, se aprecia que de todos los tejidos que se involucran en la producción lechera, el hígado sin duda es quien cumple una mayor función debido a que coordina metabolismo de los nutrientes con la endocrinología del animal (Wankhade et al., 2017).

Existe una relación positiva (figura 2) entre los ácidos grasos no esterificados que llegan al hígado, los procesos de oxidación hepática y los niveles de  $\beta$ -hidroxibutirato circulantes lo que conlleva a una mayor predisposición a patología en relación al hígado (Wankhade et al., 2017).

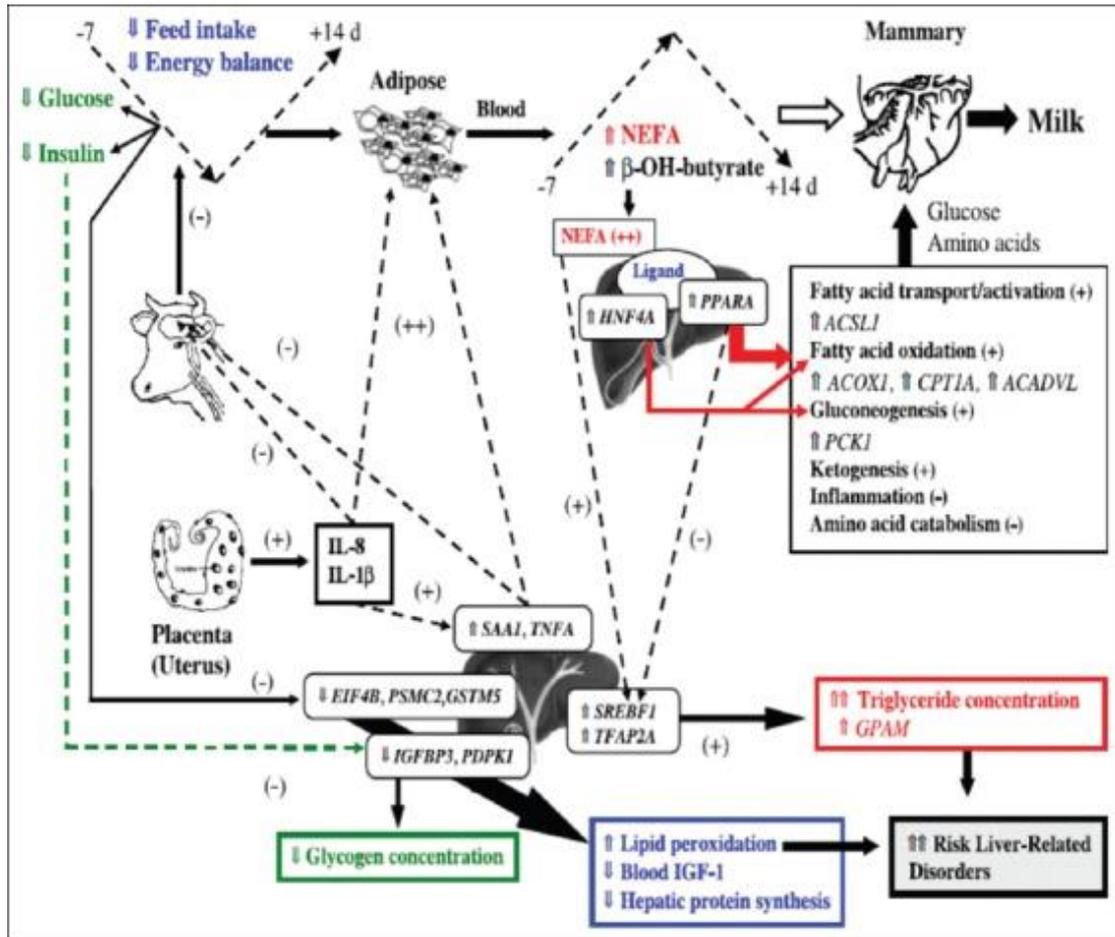


Figura 2. Mecanismo sugerido para patologías del periparto en el bovino lechero. En la figura se aprecia de manera resumida el esfuerzo metabólico que cumple el bovino mostrando que la disminución de consumo de materia seca, acompañada de la baja de insulina o sensibilidad a esta ocasiona movilización de reservas en forma de ácidos grasos no esterificados al hígado, los mismos que predisponen a patologías como hígado graso, cetosis e inflamación (Wankhade et al., 2017). Tomado de (Wankhade et al., 2017).

Otro punto por considerar es la alteración de la respuesta inflamatoria que ocurre en el posparto del bovino, para lo cual se ha propuesto un mecanismo en el cual se dice que la interleucina 8 y la interleucina 1 $\beta$  que se secretan por la placenta aumentan la expresión del amiloide sérico A1 (SAA1) y del factor de necrosis tumoral en el hígado (Sundrum, 2015).

Las citoquinas producidas además tienen un efecto negativo en el centro de saciedad lo que conlleva a una disminución de la insulina sérica y por ende una hipoglucemia resultantes en la disminución del consumo de materia seca y de esta manera una predisposición a un balance energético negativo y lipólisis por parte del tejido graso comenzando la movilización de ácidos grasos no esterificados (Sundrum, 2015).

Debido a la inflamación que estimula lipólisis en el animal, aumentan de manera considerable los ácidos grasos no esterificados y niveles de  $\beta$ -hidroxibutirato circulantes para la formación de glucosa hepática y aminoácidos para la síntesis de leche principalmente, lo que resulta en la activación de genes de glucólisis, cetogénesis y oxidación grasa (Sundrum, 2015).

Los procesos metabólicos e inflamatorios que ocurren reducen la capacidad del hígado para desintoxicar los radicales libres, lo cual sumado con un aumento de triglicéridos acumulados en el hígado multiplican los riesgos a patologías como se muestran en la parte final de la figura 2 (Wankhade et al., 2017).

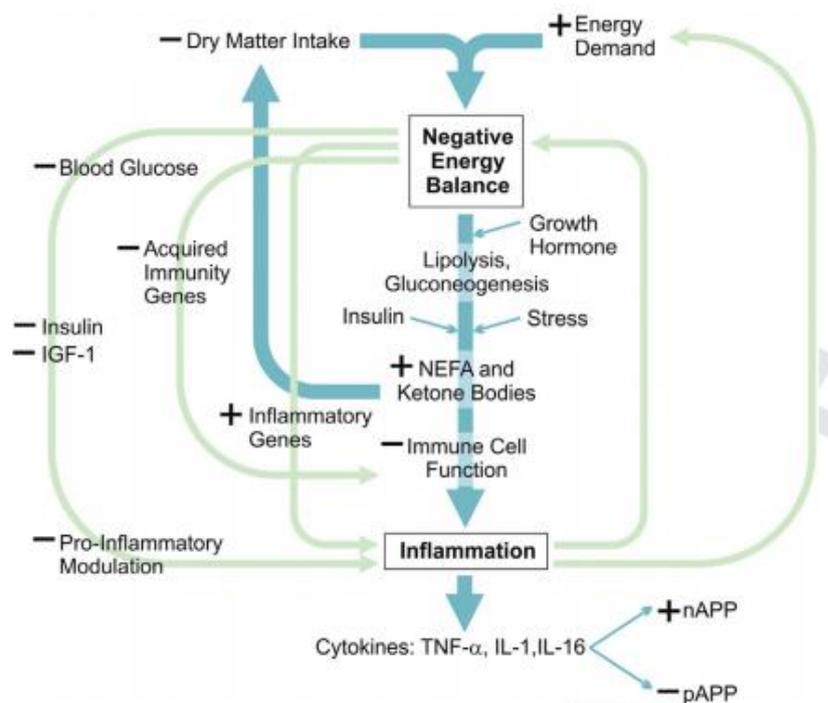
En el posparto sucede una serie de eventos, los mismos que también afectan o influyen en la salud del bovino (Sundrum, 2015), siendo los más importantes los siguientes:

- Comienzo de la producción de leche
- Expulsión de membranas fetales
- Involución uterina
- Restablecimiento de la ciclicidad
- Aumento de consumo de materia seca

(Wankhade et al., 2017).

#### **2.1.2.1. Balance energético negativo**

El balance energético negativo (figura 3), es una de las alteraciones de mayor importancia en el postparto, y que se basa en la disminución de consumo de materia seca, ya mencionado previamente, versus el mayor gasto de energía que conlleva el parto, la recuperación reproductiva y en mayor medida la producción de calostro y en futuro leche (Puppel & Kuczyńska, 2016).



*Figura 3.* Interacciones entre el sistema inmune, endocrino y metabólico durante el postparto. Se aprecia un ciclo que inicia con el menor consumo de materia seca y mayor demanda de energía, resultando así el balance energético negativo, el cual conlleva a la lipólisis y gluconeogénesis produciendo cuerpos cetónicos y ácidos grasos no esterificados los mismos que van a alterar la respuesta inmunológica, que como consecuencia va a alterar la insulina y aprovechamiento de glucosa de manera negativa empeorando el balance energético negativo y agravando así el ciclo (Esposito, Irons, Webb, & Chapwanya, 2014). Tomado de (Esposito et al., 2014).

Este desbalance energético tiene un efecto mayor en la regulación hormonal del organismo y la función de los órganos, además de alterar los componentes de la

leche y finalmente terminar con descarte temprano de animales (Esposito et al., 2014).

Se sabe que el aumento de patologías en el período se debe principalmente a que por esta falta de energía existe una mayor concentración de ácidos grasos no esterificados,  $\beta$ -hidroxibutirato y triglicéridos hepáticos, todos estos como consecuencia del balance energético negativo (Puppel & Kuczyńska, 2016).

En la figura 3, se aprecia la interacción endocrinológica e inmunológica en base a la disminución de consumo de materia seca, lo que conlleva al balance energético negativo.

#### a) Patologías relacionadas

La mayoría de las patologías del postparto se relacionan con el balance energético negativo, sea de forma directa o indirecta (Esposito et al., 2014).

En la tabla 1, se muestran las principales patologías relacionadas con su respectiva prevalencia de acuerdo a varios estudios de diferentes países:

Tabla 1  
*Prevalencia de alteraciones metabólicas en el periparto bovino de acuerdo a una recopilación de varios estudios en diferentes países*

ENFERMEDAD	INCIDENCIA MEDIA (%)	RANGO DE INCIDENCIA (%)
HIPOCALCEMIA	6,5	0,3-22
HIPOCALCEMIA SUBCLÍNICA	2,2	8-54
RETENCIÓN DE MEMBRANAS FETALES	8,6	1,3-39,2
METRITIS	10,1	2-37
METRITIS SUBCLÍNICA	53	37-74
CETOSIS	4,8	1,3-18,3
CETOSIS SUBCLÍNICA	43	26-55
LAMINITIS	7	1,8-30
MASTITIS CLÍNICA	14,2	1,7-54,6
MASTITIS SUBCLÍNICA	30	15-60

Adaptado de (Sundrum, 2015).

De las patologías mostradas en la tabla 1, la cetosis es la que más se relaciona de forma directa con el balance energético negativo, y por ende aquella que participa de forma indirecta en las otras patologías (Puppel & Kuczyńska, 2016).

- Cetosis:

La cetosis es una patología metabólica que se basa en la movilización grasa al hígado para su oxidación y producción de energía, lo que conlleva a la acumulación de cuerpos cetónicos en cantidades elevadas (Elise H., 2016).

En las últimas etapas del parto, el bovino requiere glucosa en altas cantidades para el crecimiento fetal y placentario, sin embargo, este no es significativo en comparación con el que se necesita para la lactancia (Rutherford, Oikonomou, & Smith, 2016).

Un bovino consume el 60% de su glucosa plasmática en la producción de lactosa para la producción de leche, no obstante para las últimas semanas del parto la disminución en el consumo de materia seca llega a ser del 30% al 40% (Elise H., 2016).

La deficiencia energética que se produce, provoca la movilización de ácidos grasos no esterificados al hígado, por la lipólisis hormonal del tejido adiposo, los mismos que se unen a la albúmina y glicerol para ser transportados a los hepatocitos (Elise H., 2016).

Generalmente el glicerol se puede utilizar en la gluconeogénesis, mientras que los ácidos grasos no esterificados permanecen en el citosol del hepatocito por una deficiencia del transportador carnitina politransferasa I (Rutherford et al., 2016).

En el citosol del hepatocito los ácidos grasos no esterificados pueden sufrir una esterificación para formar otra vez triglicéridos y ser transportados a la circulación

en forma de colesterol de muy alta densidad cuando hay una cantidad adecuada de proteína, caso contrario se quedan en el hígado formando lipidosis hepática (Elise H., 2016).

Otra porción de los ácidos grasos puede ser transportado por la carnitina politransferasa I y sufrir una reacción de  $\beta$ -oxidación peroximal que reduce el largo de sus cadenas produciendo además peróxido de hidrógeno (agente oxidante), teniendo los rumiantes una buena capacidad para realizar estas reacciones disminuyendo la lipidosis hepática en relación a otros animales (Elise H., 2016).

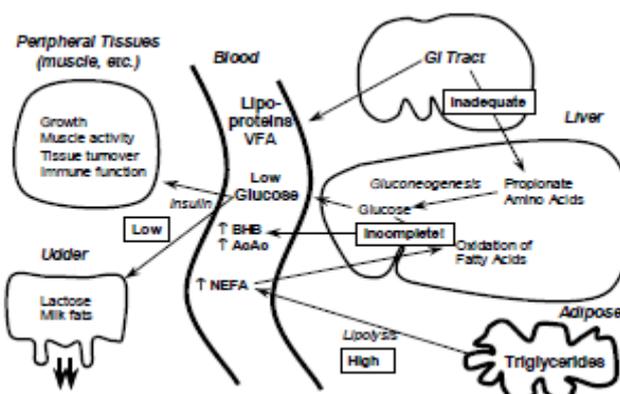
Normalmente cuando existe una deficiencia de energía se produce una reacción de oxigenación y se aporta a la gluconeogénesis para dar energía a los animales, en contraste, una oxidación parcial produce cuerpos cetónicos como son el acetoacetato,  $\beta$ -hidroxibutirato y en menor medida acetona (Benedet, Manuelian, Zidi, Penasa, & De Marchi, 2019).

La  $\beta$ -oxidación mitocondrial produce acetoacetyl-CoA que posteriormente se oxida en acetyl-CoA, el mismo que es un sustrato necesario para el ciclo de Krebs y así permite la producción de energía (Rutherford et al., 2016).

Una oxidación completa de los ácidos grasos no esterificados produce mayor energía neta, mientras que la falta de recursos para el ciclo de Krebs o una saturación de ácidos grasos no esterificados provoca una oxidación incompleta (Rutherford et al., 2016).

El Acetoacetyl-CoA al ser un intermediario en la formación de acetoacetato, se convierte en este por la oxidación incompleta, para posteriormente por su inestabilidad ser transformado en el citosol del hepatocito en  $\beta$ -hidroxibutirato por acción de la enzima  $\beta$ -hidroxibutirato deshidrogenasa, o simplemente se fragmenta en acetona y dióxido de carbono (Elise H., 2016).

La producción de los cuerpos cetónicos se encuentra descrita de manera gráfica en la figura 4, mostrando que todo este ciclo se debe en un inicio al aumento de la movilización grasa por el balance energético negativo que se provoca debido a la disminución de consumo de materia seca y la resistencia a la insulina sumada a la acción de la hormona de crecimiento (Sundrum, 2015).



*Figura 4.* Cetosis bovina. En un bovino con cetosis, existe una menor concentración de glucosa y alta movilización de ácidos grasos no esterificados, los cuales saturan los mecanismos de oxidación existiendo un proceso incompleto y por ende la producción de cuerpos cetónicos (Oetzel, 2007). Tomado de (Oetzel, 2007).

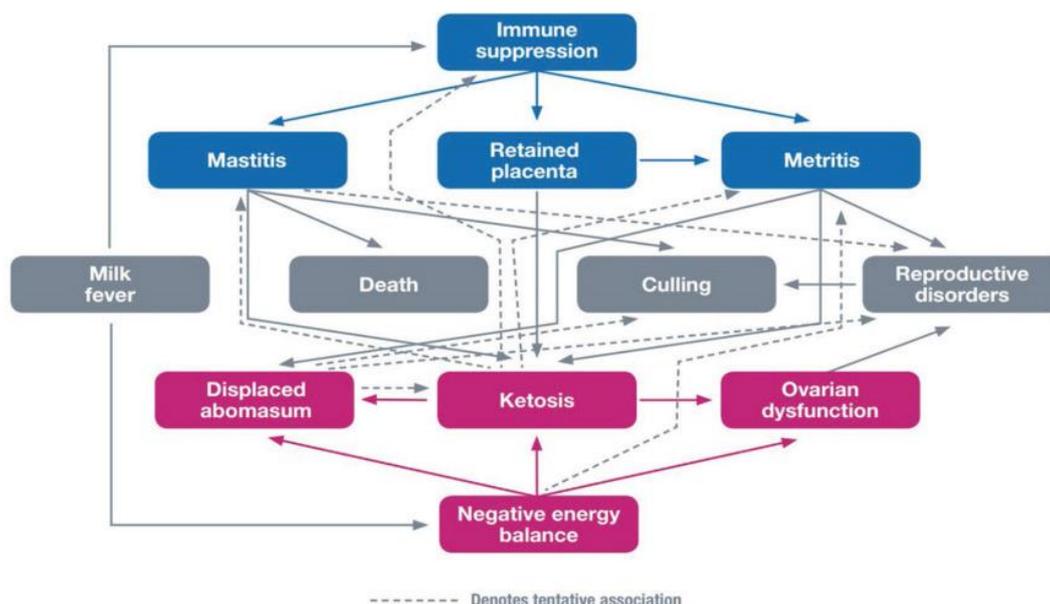
Una vez producidos los cuerpos cetónicos, estos pueden ser utilizados como energía por tejidos como músculo, corazón y riñón, pero en el caso de la glándula mamaria, esta solo puede utilizar los cuerpos cetónicos para producir grasa de la leche, mas no para producir lactosa, la misma que seguirá consumiendo glucosa (Elise H., 2016).

Los cuerpos cetónicos se pueden eliminar por la orina, leche y exhalados en forma de acetona, pero cuando existen altos niveles de cuerpos cetónicos es cuando realmente se produce cetosis (Elise H., 2016).

Los cuerpos cetónicos por un largo tiempo en el organismo disminuyen la concentración de glucosa y glucagón lo que afecta de manera directa al sistema inmunitario (figura 5), además de tener efecto en la reproducción ya que el

folículo y cuerpo lúteo para que el animal comience a ciclar normalmente requiere de energía (Zarrin, Grossen-Rösti, Bruckmaier, & Gross, 2017).

Valores altos de cuerpos cetónicos provocan alteraciones nerviosas, reproductivas, mastitis, menor producción de leche y mayor riesgo de desplazamiento de abomaso (Zarrin et al., 2017) . En la figura 5 se muestra la relación entre las patologías parte del balance energético negativo.



*Figura 5.* Efectos del balance energético negativo del bovino. Se aprecia que la cetosis como consecuencia del balance energético negativo provoca disfunción ovárica, problemas reproductivos, metritis, mastitis e inmunosupresión que conlleva a varias patologías (Ruiz, Tedeschi, & Sepúlveda, 2017). Tomado de (Ruiz et al., 2017).

La cetosis se clasifica en su forma clínica y subclínica, siendo la primera, aquella que presenta signos y se caracteriza por altos niveles de  $\beta$ -hidroxibutirato que provoca afección nerviosa mientras que la subclínica es aquella que pese a no presentar signos y no tener niveles de cuerpos cetónicos elevados es la que más afecciones económicas causa por su alta prevalencia y bajo diagnóstico (Rutherford et al., 2016).

- Metritis y endometritis:

Tanto la metritis como la endometritis son patologías que afectan en gran proporción al ganado lechero durante el posparto, considerándose patologías de diversa etiología, entre las que se encuentra el balance energético negativo (Sheldon & Owens, 2017).

La metritis, que es más común a los 10 días posparto se caracteriza por un útero alargado, con contenido líquido de color café rojizo, viscoso que puede llegar a ser hasta blanco purulento, presentando en muchos casos con olor desagradable (Sheldon & Owens, 2017).

En la metritis el animal puede tener una infección desapercibida o llegar a un estado de toxemia severa y se caracteriza por ser la inflamación generalizada del útero (Esposito et al., 2014).

La endometritis por otro lado es la inflamación del endometrio, la misma que no llega más allá del estrato esponjoso y la zona glandular para ser considerada endometritis (Sheldon & Owens, 2017).

- Mastitis:

En general se conoce como mastitis a la inflamación del tejido de la ubre, pudiendo ser esta por diversas etiologías, siendo la infecciosa la más común, pese a que también puede ser ocasionada por golpes, toxinas y químicos (Ametaj, 2017).

La clasificación de la mastitis se basa en si es clínica o subclínica, aunque también puede ser en base a la etiología o si es aguda o crónica (Ametaj, 2017). En el caso de la mastitis causada por microorganismos, se sabe que existen más de 200 patógenos que están involucrados en la producción de esta enfermedad, siendo entre las más prevalentes las bacterias como *Escherichia coli*,

*Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus dysgalactiae* y *Staphylococcus aureus* (Ametaj, 2017).

- Hipocalcemia

La hipocalcemia es una patología metabólica de alta prevalencia en animales de alta producción, multíparas, que se caracteriza por la deficiencia del organismo de mantener los niveles de calcio séricos (Saborío-Montero, Vargas-Leitón, Romero-Zúñiga, & Sánchez, 2017).

La deficiencia en mantener los niveles de calcio sérico, radica en la demora del organismo en mantener la homeostasis mediante la activación de la parathormona y los osteoclastos con el fin de aumentar los niveles séricos de este mineral (Saborío-Montero et al., 2017).

Pese a que ocurre en animales que se encuentren recién en el posparto, sus factores de riesgo son varios entre los que se encuentra sobre suplementación de calcio en el preparto, animales de alta producción lechera, dietas altas en fósforo y un balance energético negativo marcado (Probo, Pascottini, LeBlanc, Opsomer, & Hostens, 2018).

- Otras alteraciones:

Otras alteraciones por el balance energético negativo incluyen hígado graso, desplazamiento de abomaso, acidosis ruminal y cualquier tipo de infección debido a la inmunosupresión que ocasiona esta condición en el animal (Esposito et al., 2014).

Finalmente es menester mencionar que existen afecciones reproductivas que llegan a alargar los días abiertos, al igual que afectar los parámetros reproductivos del bovino trayendo pérdidas económicas al ganadero (Rutherford et al., 2016).

## **b) Afecciones económicas a la ganadería**

Las afecciones económicas del balance energético negativo radican en las patologías mencionadas en el literal anterior, y en las afecciones reproductivas y productivas en los animales (Risco & Melendez Retamal, 2011).

En el tema de salud, los costos aumentan por los medicamentos, atención veterinaria necesitada y las afecciones de estas patologías en la producción, reproducción e incluso necesidad de descarte del animal o muerte de este (Raheja et al., 2018).

En el tema productivo, se sabe que el rendimiento de producción de leche en los bovinos afectados con balance negativo no es el mismo que en un bovino sano, viéndose afectado no solo por la falta de energía del animal durante este período, sino también por la afección productiva que produce cada una de las enfermedades secundarias al balance energético negativo (Raheja et al., 2018).

Los costos más importantes en el balance energético negativo son los reproductivos debido a que los animales sufren un anestro pronunciado por lo que no comienzan a ciclar y los días abiertos aumentan (Benedet et al., 2019).

Algunos animales pueden ciclar con normalidad pero no demuestran celo de manera evidente alargando de igual manera los días abiertos, en otros casos los animales pueden llegar a ser servidos, pero la tasa de concepción es demasiada baja lo que igual suma a los días abiertos, alargando los mismos (Benedet et al., 2019).

Varios autores han estudiado los costos por días abiertos, siendo en Estados Unidos un aproximado de 3,2 USD a 5,1 USD por día a partir de los 112 días abiertos, esto sin tomar en cuenta el costo de la pajueta en caso de llegar a servir sin éxito al animal (Cattaneo, Baudracco, Lazzarini, Ortega, & Brasileira de

Zootecnia, 2015). Otros estudios en Argentina sugieren costos más exactos como se muestran en la tabla 2.

Tabla 2

*Costos por días abiertos en ganado bovino en Argentina*

	Días abiertos involuntarios (sobre los 120 días del intervalo parto concepción)			
	1-30	31-40	61-90	90-120
IDA <sup>1</sup>	1,78	2,27	2,79	3,30
Pérdida en rendimiento lechero (USD) <sup>a</sup>	0,34	0,34	0,34	0,34
Pérdida de terneros nuevos (USD) <sup>b</sup>	0,54	0,54	0,54	0,54
Costos por extra-inseminación artificial, exámenes ginecológicos y tratamientos (USD) <sup>c</sup>	0,06	0,06	0,06	0,06
Costo laboral (USD) <sup>d</sup>	3,40	2,76	2,05	2,18
Descarte por sacrificio (USD) <sup>e</sup>	6,11	5,97	5,77	6,41
Costo total IDA (USD) <sup>1</sup>	183	358	520	770
Costo total/ lactancia (USD)	539	1053	1529	2264
Pérdida total de leche (kg/lactancia)				

Nota:

<sup>1</sup>Intervalo días abiertos

<sup>2</sup>Costo total basado en la ecuación: Costo total/lactancia=(a+b+c+d+e)\*IDA=(((340 días en rendimiento lechero promedio-promedio de rendimiento lechero en IDA)\*USD kg leche)+( USD promedio de precio por ternero y ternera)/402)+((USD costo inseminación artificial/frecuencia)+(USD costo veterinario de examinación/frecuencia)+(USD costo de tratamiento/frecuencia)+(0,5 horas de trabajo\* USD/hora)+(tasa de descarte por infertilidad\*(USD novilla de replazo-USD vaca de descarte)/IDA))\*IDA

Adaptado de (Cattaneo et al., 2015)

En la tabla 2 se aprecia el costo por inseminación, producción de leche perdida, precio por cría, descarte por infertilidad e incluso mano de obra llegando a ser de hasta 770 USD por 90 a 120 días abiertos sobre 120 días de intervalo parto concepción (Cattaneo et al., 2015).

## 2.2. Perfil metabólico

El perfil metabólico en bovinos lecheros es una herramienta que surgió vista la necesidad de diagnosticar trastornos metabólicos en bovinos sobre todo durante el periodo de transición (Lager & Jordan, 2012).

El perfil metabólico se desarrolló en 1970 en Inglaterra considerándose como el análisis de los componentes bioquímicos en la sangre de bovinos que permite la prevención de alteraciones nutricionales y de características metabólicas en hatos lecheros (Duffield & Leblanc, 2009; Puppel & Kuczyńska, 2016).

Un perfil metabólico, se considera en la actualidad, como un grupo de análisis bioquímicos que se realizan en un momento específico con el fin de monitorear el estado de salud a nivel metabólico de un rebaño, para establecer los problemas metabólicos que afecten el rendimiento de un animal (Wittwer, 2015).

El perfil metabólico tiene dos objetivos, el primero consiste en evaluar un paciente individual para ofrecer tratamiento o determinar la causa de un efecto incompleto del mismo, mientras que el segundo es interpretar deficiencias o alteraciones en un hato de bovinos para investigar causas y aplicar medidas correctivas (Hoff, 2015; Puppel & Kuczyńska, 2016).

Debido a que el manejo de bovinos lecheros se realiza principalmente en rebaños, el segundo objetivo plasmado anteriormente es el más utilizado en las producciones mundiales, logrando así establecer correcciones nutricionales, de manejo, sanitarias entre otras para lograr animales más productivos y mejores en su reproducción (Lager & Jordan, 2012).

Con el perfil metabólico se logra un mayor beneficio en comparación al costo de inversión por el ahorro en medicamentos y el aumento en el rendimiento de los animales en las producciones mundiales consiguiendo ganaderías de precisión (Lager & Jordan, 2012; Overton, McArt, & Nydam, 2017; Puppel & Kuczyńska, 2016).

### 2.2.1. Aplicaciones

El perfil metabólico se utiliza con el fin de realizar un seguimiento al estado metabólico de un rebaño, y así con una pequeña muestra de animales poder llegar a un diagnóstico o establecer causas de un problema en general de todo el predio (Oquendo, Londoño, & Pérez, 2013).

Se recomienda en los hatos el uso del perfil metabólico cuando se pretende diagnosticar trastornos de las vías metabólicas, cuando se necesite determinar una causa para una alteración común del predio o un grupo de animales, para realizar evaluaciones de rutina en los animales o simplemente determinar el balance nutricional de los animales, esto en base a los ingresos nutricionales, su metabolización y uso en la producción (Madreseh-Ghahfarokhi, Dehghani-Samani, & Dehghani-Samani, 2018; Wittwer, 2015).

El uso del perfil metabólico no radica en la evaluación de dietas en los predios, sino de las vías metabólicas de los animales que actúa o responde ante la dieta del hato (Wittwer, 2015).

También se ha empleado el perfil metabólico en predios que presenten problemas reproductivos, productivos sea en cantidad como en calidad, y en animales de carne de forma más específica cuando no existe una ganancia de peso adecuada (Wittwer, 2015).

El uso que más se le ha dado al perfil metabólico es el de la evaluación de bovinos en el período de transición, con el fin de determinar alteraciones metabólicas presentes en los animales, al igual que deficiencias nutricionales sean de la dieta o por un problema en su utilización en el animal (Madreseh-Ghahfarokhi et al., 2018).

Los problemas subclínicos, los mismos que no pueden ser detectados a simple vista por el productor o veterinario también pueden ser identificados mediante el

uso del perfil metabólico lo que favorece a su pronto tratamiento y menor afección al rendimiento del animal (Madreseh-Ghahfarokhi et al., 2018).

### 2.2.2. Ventajas y desventajas

Con el fin de mostrar de mejor manera las ventajas y desventajas del perfil metabólico en bovinos lecheros, en la tabla 3 se encuentra un resumen de estas características.

Tabla 3

#### *Ventajas y desventajas del perfil metabólico*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Bajo número de muestra requerido	Costo alto por metabolito
Diagnóstico de todo el rebaño	Rangos de referencia variados de acuerdo a autor y/o laboratorio
Diagnóstico de alteraciones subclínicas	Difícil interpretación
Elección de metabolitos de acuerdo a las necesidades del predio	

Adaptado de (Lager & Jordan, 2012; Wittwer, 2015; R. J. Van Saun, 2016).

Para la realización de un perfil metabólico se necesita un número pequeño de muestra, como se aprecia en la tabla 3, siendo así que se sugiere sea de 6 a 14 animales (Wittwer, 2015).

### 2.2.3. Metodología

Como primer paso para la realización de un perfil metabólico, se deben elegir las pruebas a realizar al igual que el laboratorio en el que se va a procesar, esto a criterio del médico veterinario quien en base a los signos clínicos o sospechas del predio puede seleccionar los metabolitos que más crea convenientes (Wittwer, 2015).

Se debe seleccionar la muestra, para lo cual se requieren individuos representativos de todo el hato siendo un número de 6 a 14 animales, esto

siempre y cuando se cumplan ciertas condiciones, entre las que se considera que los bovinos sean seleccionados al azar y sean parte de un grupo homogéneo tanto en manejo como en estado fisiológico (Wittwer, 2015).

Para la selección de la muestra se debe separar a los animales por su producción en volumen o su período del ciclo productivo en el que se encuentran (R. J. Van Saun, 2016).

Con respecto al número de muestra seleccionada, existen varios autores que señalan otros valores, pero estos se encuentran cercanos al rango de 6 a 14 animales mencionado, siendo así que Van Saun (2016) propone que se debe tomar de 5 a 10 individuos, puesto que no se ha demostrado importancia estadística de tomar más animales indistintamente del tamaño del hato.

De igual manera, Cozzi, Ravarotto, Gottardo, Stefani, Contiero, Moro, Brscic y Dalvit (2011) tomaron en su análisis del perfil metabólico 6 bovinos por grupo coincidiendo con Van Saun.

Una vez seleccionada la muestra, se debe considerar los materiales necesarios para la realización del perfil metabólico, siendo menester considerar todo el material para extracción de sangre y tubos vacutainer, entre los que se encuentran sin anticoagulante y con anticoagulante (Wittwer, 2015).

#### **2.2.4. Rangos de referencia**

Los rangos de referencia para realizar son variados y dependen del autor, el período en el que se encuentre el animal o el laboratorio (Lager & Jordan, 2012).

Con el fin de mostrar las diferencias existentes entre los rangos de referencia que ofrecen varios autores, las tablas 4 y 5 a continuación muestra los rangos propuestos por 6 autores diferentes.

Tabla 4

*Rangos de referencia propuestos por diferentes autores para minerales*

Fuente	Categoría	Calcio (mg/dL)	Magnesio (mEq/L)	Fósforo (mg/dL)	Potasio (mEq/L)	Sodio (mEq/L)	Cloro (mEq/L)
Merck	Bovinos	8,4-11	1,7-3	4,3-7,8	4,5-8	125- 148	96-109
Zinpro	Bovinos	8-11	1,8-3,5	5-7	3,9-5,8	135- 150	97-111
TVMDL	Cercanas al parto	8,3-9,7	1,5-2,1	4,9-7,1	4-5	139- 147	99-107
TVMDL	Menos de 14 días en lactancia	8-10	1,5-2,1	4,9-7,1	4-5	138- 146	97-105
Penn st.	Recién parida	8,7-11	2-3,5	4,5-8	3,8-5,2	137- 148	-
Penn st	Nivel de preocupación	<8	<1,5	<3,5	<3 >5,5	137- 148	-
Oregon st	Lecheras	8,2-10	2-3,9	5,2-7,9	3,8-5,2	137- 148	-
Puls	Bovinos	8-11	1,8-3,5	4,5-7	3,9-5,8	135- 150	97-111
Promedio de rangos	Todos	8,2- 10,5	1,8-3,1	4,8-7,4	3,9-5,4	135,1- 148,1	97- 108,8
Rango	Todos	8-11	1,5-3,9	4,3-8	3,8-5,8	125- 150	96-111

Adaptado de (Lager &amp; Jordan, 2012).

Tabla 5

*Rangos de referencia propuestos por diferentes autores para metabolitos*

Fuente	Categoría	Albúmina (g/dL)	Urea (mg/dL)	Colesterol (mg/dL)	Glucosa (mg/dL)	NEFA (mEq/L)	BHB (mg/dL)
Merck	Bovinos	2,8-3,9	7,8-25	62-193	-	-	-
Zinpro	Bovinos	2,7,4,7	9-20	80-230	-	-	-
TVMDL	Cercanas al parto	3-3,6	9,4-16,6	39-123	51-65	<0,6	-
TVMDL	Menos de 14 días en lactancia	3-3,6	9,4-16,6	39-123	51-65	<0,6	-
Penn st.	Cercana al parto	3,3-3,7	-	65-114	51-74	0,03- 0,16	1,25- 4,2
Penn st	Recién parida	3,2-3,6	-	65-253	42-68	0,01- 0,52	1,7-8,9
Oregon st	Lecheras	3,2-4,1	8-27	43-331	51-77	0,04- 0,34	3,42- 7,62
Puls	Bovinos	2,7-4,7	5-20	80-230	40-80	-	-
Promedio de rangos	Todos	3-4	8,1-20,9	58,9- 199,6	47,7- 71,5	0,03- 0,5	2,1-6,9
Rango	Todos	2,7-4,7	5-27	39-331	40-80	0,01- 0,6	1,25- 8,9

Nota: NEFA: Ácidos grasos no esterificados, BHB:  $\beta$ -hidroxibutirato

Adaptado de (Lager &amp; Jordan, 2012).

Los rangos de referencia que se plantean en varias fuentes no diferencian en muchos casos si los animales son de leche o de carne, mientras que la mayoría de las fuentes que ofrecen rangos de referencia específicos para bovinos lecheros son basados en estudios realizados en un grupo pequeño de animales o en una etapa específica del ciclo productivo del bovino (Cozzi et al., 2011).

### **2.2.5. Determinación y análisis del valor H**

El valor H es una forma de análisis del perfil metabólico, el mismo que señala la diferencia que existe en la media del grupo analizado con la media de los rangos de referencia, esto expresado en desviaciones estándar (Wittwer, 2015).

La fórmula para el cálculo del valor H es la siguiente:

$$H = \frac{(\text{Media de la muestra} - \text{Media de los rangos de referencia})}{\text{Desviación estándar de la muestra}}$$

Modificado de (Wittwer, 2015).

Para interpretar el resultado del valor de H, se compara si éste es mayor que 2 sea de forma positiva o negativa (o cercano a 2) indica que hay una variación significativa, siendo positivo si existe exceso de un metabolito o negativo si hay deficiencia (Wittwer, 2015).

### **2.2.6. Vías de análisis del perfil metabólico**

Las principales vías metabólicas que se analizan en un perfil metabólico bovino son la energética, proteínica, enzimática, inmunológica y mineral, siendo de gran utilidad para los pedios (Puppel & Kuczyńska, 2016; R. J. Van Saun, 2016).

#### **2.2.6.1. Vía energética**

El balance energético es uno de los retos nutricionales más importantes y difíciles de alcanzar en una ganadería de leche debido a que antes se utilizaba la condición corporal como única herramienta de diagnóstico para una deficiencia de energía, siendo un método poco sensible (R. J. Van Saun, 2016).

Con el análisis de la vía energética se determina de forma específica la falta de energía o su utilización en el organismo, la causa de esta deficiencia y por consiguiente la movilización y oxidación incompleta de ácidos grasos no esterificados que conlleva a varias patologías hepáticas, reproductivas y de otros tejidos como es la glándula mamaria (Overton et al., 2017).

### **a) Glucosa**

La glucosa es el principal metabolito utilizado como fuente de energía en el organismo, sobre todo en el bovino que utiliza grandes reservas de este carbohidrato para la producción de lactosa y por ende leche (Overton et al., 2017).

Niveles alterados de glucosa en la sangre puede indicar fallas en la homeostasis mediante pérdida a la sensibilidad o falta de la insulina, o también ciertas patologías como cetosis (Puppel & Kuczyńska, 2016).

En el bovino el ácido propiónico produce el 50% de los requerimientos de glucosa, además que las reservas pueden pasar por gluconeogénesis en el hígado y así formar este metabolito, cualquier alteración en estas vías puede disminuir el nivel de glucosa (González & Scheffer, 2003).

Niveles elevados de glucosa pueden darse por estrés, diabetes mellitus, deficiencia de insulina, alimentación reciente, falta de tiamina, alteración pancreática e hiperadrenocorticismos (Bicalho, Marques, Gilbert, & Bicalho, 2017; González & Scheffer, 2003).

Niveles disminuidos de glucosa pueden deberse a falta de energía como en la cetosis, hiperinsulinismo, síndrome de mala absorción, desnutrición e hipoadrenocorticismo (González & Scheffer, 2003).

### **b) Colesterol**

El colesterol en circulación puede ser de origen exógeno, es decir de la dieta o de origen endógeno mediante su producción en base a acetil-CoA (González & Scheffer, 2003).

Generalmente el colesterol circula unido a lipoproteínas siendo estas VLDL, LDL y HDL, siendo aproximadamente el 30% de los lípidos del plasma lo que lo hace un excelente indicador de lípidos en el animal, o sus reservas grasas (González & Scheffer, 2003; Puppel & Kuczyńska, 2016).

Un aumento de colesterol indica problemas en tiroides como hipotiroidismo, diabetes, dieta alta en lípidos, animales en gestación o inicio de lactancia, hiperadrenocorticismo y obstrucción biliar (González & Scheffer, 2003).

Una disminución de colesterol puede deberse a insuficiencia hepática, pobres reservas grasas, dieta baja en energía e hipertiroidismo (González & Scheffer, 2003).

### **c) Triglicéridos**

Los triglicéridos, como parte de lípidos en el torrente sanguíneo son indicadores de la movilización de reservas grasas, esto puesto a la transformación de los ácidos grasos no esterificados en triglicéridos (Puppel & Kuczyńska, 2016).

Valores bajos de triglicéridos indican deficiencia de reservas grasas, poco transporte de lípidos, daño hepático entre otros (Puppel & Kuczyńska, 2016).

Valores elevados sugieren dietas altas en lípidos o carbohidratos, cetosis, transporte de reservas y deficiencia energética (Overton et al., 2017).

#### **d) Urea**

La urea como metabolito de la vía energética, es un indicador indirecto visto que se necesita energía para el metabolismo proteínico, siendo así que el amonio producido en el rumen se utiliza para producir proteína con el aporte de energía (Soliva, Amelchanka, & Kreuzer, 2015).

Cuando existe un exceso de proteína o falta de energía, no todo el amonio se convierte en proteína microbiana, transportando el exceso de amonio al hígado para ser transformado en urea que pasará a la circulación, por lo que ocasionará un aumento en los niveles de este metabolito (Soliva et al., 2015).

#### **e) $\beta$ -hidroxibutirato**

El  $\beta$ -hidroxibutirato es un cuerpo cetónico que indica la presencia de cetosis en el animal por la oxidación incompleta de los ácidos grasos al existir una deficiencia energética (R. J. Van Saun, 2016).

Generalmente se puede encontrar este metabolito elevado en vacas que se encuentran en el posparto, y en muchos casos sin la presencia de signos clínicos de cetosis al existir esta patología en su forma subclínica (R. J. Van Saun, 2016).

Los niveles de  $\beta$ -hidroxibutirato aumentan en diabetes. Cetosis, malnutrición, balance energético negativo, falta de cobalto y síndrome de baja absorción (González & Scheffer, 2003).

#### **2.2.6.2. Vía proteínica**

A diferencia de la vía energética, los metabolitos de la vía proteínica no reflejan de forma directa el estado del animal por lo que en general es mejor analizar los parámetros en combinación para establecer una conclusión sobre esta vía (R. J. Van Saun, 2016).

La mayoría de metabolitos en esta vía se influyen por otros aspectos que en muchos casos no tienen nada que ver con la proteína o el estado de vía proteínica, sino que existe influencia por la vía inmunológica, energética e incluso el estado de varios órganos (R. J. Van Saun, 2016).

### **a) Hemoglobina**

La hemoglobina no es específica de la vía proteínica ya que se puede ver disminuida por varias causas como es el hierro, patologías que provoquen anemia y hemolisis (Wittwer, 2015).

Por otro lado la hemoglobina puede verse aumentada en condiciones genéticas, animales que se encuentren a una altura elevada sobre el nivel del mar o animales con policitemia (Moretti et al., 2017; Wittwer, 2015).

En el caso de la vía proteínica es un indicador agudo de alteraciones en la misma, de tal manera que una disminución de este metabolito indicaría una deficiencia de proteína o deficiencias de dicha vía metabólica (Wittwer, 2015).

### **b) Urea**

La urea además de ser un indicador indirecto de la vía energética es un metabolito directo de la vía proteínica al ser producto del amonio, el cual es producto del catabolismo de aminoácidos y del reciclaje de amonio en el rumen (Wittwer, 2015).

Al excretarse la urea en la orina, ésta puede verse afectada por el estado del riñón, además de que al ser producida en el hígado también el estado de este afecta sus valores en la circulación (Overton et al., 2017).

La urea puede aumentar por deshidratación, infecciones, insuficiencia renal, exceso de proteína en la dieta, falta de energía y la presencia de tumores (González & Scheffer, 2003; R. J. Van Saun, 2016).

Una disminución de urea puede darse por falta de proteína en la dieta, insuficiencia hepática, síndrome de malabsorción, hemorragia o enteropatía (González & Scheffer, 2003).

### **c) Creatinina**

La creatinina que se encuentra circulante proviene en su mayoría de la creatina en el músculo, la misma que se utiliza para almacenar energía en el tejido muscular en forma de fosfocreatina, ocurriendo una degradación constante a creatinina (González & Scheffer, 2003; Overton et al., 2017).

Al ser una proteína, alteraciones en la vía proteínica o falta de este nutriente en la dieta puede disminuir los niveles de creatinina, esto al igual que miopatía e insuficiencia hepática (González & Scheffer, 2003).

La creatinina se excreta por vía renal, por lo que una disfunción de este órgano puede ocasionar un aumento de ésta proteína al igual que un daño muscular, ejercicio intenso y deshidratación (González & Scheffer, 2003).

### **d) Albúmina**

La albúmina tiene una vida media relativamente corta y puede reflejar deficiencias más crónicas de proteínas que van desde un dos semanas hasta un mes, esto por una baja síntesis hepática por deficiencias proteínicas en la dieta

o necesidad de mantener una elevada producción láctea (R. J. Van Saun, 2016; Wittwer, 2015).

Al ser sintetizadas en el hígado las albúminas pueden verse afectadas por el funcionamiento de este órgano (R. J. Van Saun, 2016).

Puede existir un aumento de albúmina en caso de deshidratación, mientras que existe una hipoalbuminemia por enfermedad renal, enfermedad hepática o deficiencia de proteína (Wittwer, 2015).

#### **e) Proteínas totales**

Las proteínas totales incluyen albúmina e inmunoglobulinas circulantes en la sangre, por lo que además de verse afectadas por alteraciones de la albúmina como ya se mencionó, pueden variar por el estado inmunitario del animal (Wittwer, 2015).

Debido a que son sintetizadas en el hígado, su concentración puede verse afectada por el estado de dicho órgano (R. J. Van Saun, 2016).

Puede existir un aumento de proteínas totales por deshidratación, infección, tumor o enfermedad inmunomediada (González & Scheffer, 2003).

Una disminución de proteínas totales puede darse por desnutrición, enfermedad renal, enfermedad hepática, hemorragia, enteropatía, exceso de fluidos o afección inmunológica (González & Scheffer, 2003).

#### **2.2.6.3. Vía enzimática**

Esta vía permite analizar el estado de varias enzimas en el animal, siendo las de mayor importancia las que ayudan a evaluar el hígado formando parte de un perfil hepático (Puppel & Kuczyńska, 2016).

**a) AST**

La aspartato aminotransferasa (AST), es una enzima presente en la estructura del hepatocito que se ve afectada fácilmente por daño hepático o un sobreesfuerzo metabólico (Puppel & Kuczyńska, 2016).

Es importante considerar que la AST también forma parte del músculo cardiaco, músculo esquelético, riñón y eritrocitos por lo que puede aumentar en cardiomiopatías, lesión muscular, obstrucción biliar y lesión hepatocelular (González & Scheffer, 2003).

**b) ALT**

La alanina aminotransferasa (ALT) es una enzima que forma parte del hepatocito de forma estructural por lo que su elevación indica una posible afección hepática o movilización grasa (Puppel & Kuczyńska, 2016).

**c) GGT**

La gamma glutamil transpeptidasa (GGT) es una enzima hepática que además puede afectarse por el páncreas y el riñón, generalmente se ve elevada por daño en la vesícula biliar o sus conductos, teniendo también una cierta sensibilidad para elevarse por acción de corticoides (González & Scheffer, 2003; Puppel & Kuczyńska, 2016).

## Capítulo III: Materiales y métodos

### 3.1. Ubicación

El presente estudio se realizó en la Hacienda Miraflores Bajo #4, ubicada en la parroquia de Tambillo, en el cantón Mejía, provincia de Pichincha-Ecuador, la misma que se encuentra en el km 36 de la vía Panamericana sur. Las coordenadas del predio son  $0^{\circ}25'25.8''S$   $78^{\circ}33'44.4''W$  (Figura 6).

La hacienda se encuentra dividida en dos lotes, siendo el sitio de realización del presente estudio el lote inferior ubicado a 2850 msnm.

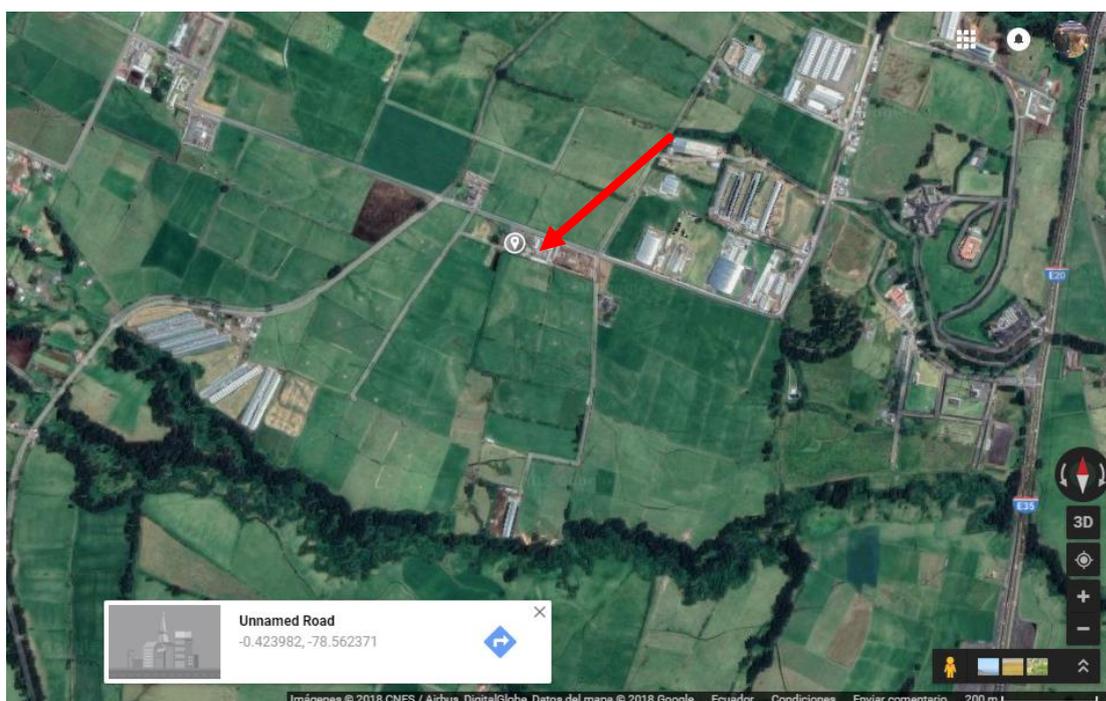


Figura 6. Ubicación de la hacienda Miraflores bajo #4. Tomado de (GOOGLE MAPS, 2018).

Para la descripción de las condiciones agroclimáticas de la hacienda, se tomaron los datos del INHAMI de la estación de Izobamba (punto de referencia para la Hacienda Miraflores Bajo #4).

Para los datos climáticos obtenidos, se considera el promedio desde el año 2010 al 2015 de los datos climáticos para los meses de interés del estudio mostrados en la tabla 6.

Tabla 6

*Promedio de valores agroclimáticos desde el año 2010 al 2015 para los meses en los que se realizaron el estudio*

Mes	Precipitación (mm)	Humedad (%)	Heliofanía (horas)	Temperatura (°C)
Diciembre	118,2	81	138,4	12,2
Enero	125,7	81	155,0	12,2
Febrero	161,5	84	109,0	12,0
Marzo	176,5	84	102,0	12,2

Modificado de (INAMHI, 2015).

### 3.2. Población y muestra

La población de la hacienda es de 281 animales bovinos lecheros de las razas Holstein, Jersey, Brown Swiss y cruzamientos de estas, clasificándose de acuerdo al estado fisiológico y reproductivo (Tabla 7), al igual que por su volumen de producción (Tabla 8).

Tabla 7

*Población de la Hacienda Miraflores Bajo #4*

Categoría	Número de animales
Terneritas	51
Medias	35
Fierros	34
Vientres	39
Vacas secas	38
Vacas en producción	84
Total	281

Tabla 8.  
*Clasificación de los animales en la Hacienda Miraflores Bajo #4 de acuerdo a su producción lechera*

Categoría	Producción de leche en pico (litros/día)	Número de animales entre secos y en producción
Vacas de baja producción	8-19	15
Vacas de media producción	20-29	72
Vacas de alta producción	≥30	35

Para el presente estudio se tomaron en cuenta los animales de alta producción que se encuentren en periodo de preparto (15 días antes de la fecha más probable de parto calculado en registro) para el mes de diciembre del 2018 a enero del año 2019 (entrada al período de mayor pluviosidad para la zona).

Para la selección de la muestra se utilizaron con los criterios de inclusión y exclusión expuestos en la tabla 9, con los que se obtuvo un total de 8 animales para el muestreo.

Tabla 9.  
*Criterios de inclusión y exclusión para la selección de la muestra*

Inclusión	Exclusión
Producción igual o mayor a 30 litros diarios en promedio de los picos de lactancia de partos anteriores. Fecha más probable de parto a partir del 31 de diciembre del 2018 al 20 de enero del 2019. Ausencia de patologías metabólicas, traumáticas e infecciosas detectadas en el período preparto.	Animales de producción menor a 30 litros diarios en promedio de los picos de lactancia de partos anteriores. Fecha más probable de parto que no coincida entre el 31 de diciembre del 2018 al 20 de enero del 2019. Presencia de patologías metabólicas, traumáticas e infecciosas previo al parto.
Animales múltiparas (más de 1 parto previo).	Animales primíparas

El número de muestra además concordó con el ideal para diagnóstico de hatos con perfil metabólico debido a que no se ha demostrado una importancia significativa en usar un gran número de animales para el diagnóstico de

alteraciones en hatos por perfiles metabólicos, considerando números de 5 a 20 animales en grupos homogéneos lo ideal (R. Van Saun, 2006).

En el caso del presente estudio, el grupo seleccionado fue homogéneo pues se trabajó con animales de alta producción en una condición de manejo y alimentación similar con partos en el mes de enero.

Las variables seleccionadas para el estudio se muestran en el anexo 1.

### 3.3. Materiales

Los materiales de oficina fueron una computadora y esferográfico, mientras que los de campo y laboratorio se muestran en la tabla 10.

*Tabla 10.*  
*Materiales de campo y laboratorio utilizados*

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>
Registros productivos y reproductivos de bovinos de la Hacienda Miraflores	8
Bajo #4	
Registro de toma de muestras	16
Torundas de algodón	50
Alcohol al 70%	1 galón
Gasas	50
Guantes de látex no estériles	1 caja
Recipiente para objetos cortopunzantes	1
Marcador	1
Aguja de seguridad calibre 20 G	50
Capuchón o camisa de aguja vacutainer	1
Tubo vacutainer de tapa roja (Sin anticoagulante).	50
Tubo vacutainer de tapa lila (EDTA)	50
Cooler	1
Gel refrigerante	5
Micropipeta de 0,5 µl a 10 µl	1
Tapa o punta desechable de micropipeta de 0,5 µl a 10 µl	50
Equipo lector de cetosis BHBCHECK™	1
Tiras BHBCHECK™ para el equipo lector de cetosis	50
Registro de resultados de niveles de β-hidroxibutirato	16

### 3.4. Metodología

### **3.4.1. Levantamiento de información**

En primer lugar se obtuvo la información de los bovinos de la hacienda por medio de los registros productivos y reproductivos. Además, la clasificación de los animales de acuerdo con su volumen de producción utilizada en la presente investigación está dada por la misma hacienda.

Con esto se muestrearon 8 animales de alta producción el día 15 preparto y sobre los mismos animales el día 42 posparto (20 días antes del primer servicio reproductivo posparto promedio del predio).

Para determinar la fecha de muestreo inicial se calculó la fecha más probable de parto de acuerdo con los registros de inseminación y de partos previos de las vacas. Con esto se levantó información del laboratorio el día 15 previo a la fecha más probable de parto de cada animal y el día 42 post parto de los mismos.

### **3.4.2. Toma de muestra**

Tanto en el preparto como posparto se tomaron muestras sanguíneas mediante venopunción de la vena coccígea (Anexo 2) con el fin de extraer tres tubos con sangre (dos de tapa roja y uno de tapa lila).

En total se tomaron 16 ml de sangre para todo el muestreo, los mismos que permitieron el análisis en laboratorio de los analitos y el análisis en campo de  $\beta$ -hidroxibutirato.

La técnica de toma de sangre fue en base al protocolo de LIVEXLAB (Anexo 3).

### **3.4.3. Procesamiento de la muestra**

En campo se realizó el análisis de  $\beta$ -hidroxibutirato (Anexo 4) utilizando el lector BHBCHECK™ y su protocolo (Anexo 5). Por otro lado, los tubos de tapa lila y

roja de 10 ml transportaron al laboratorio para el análisis de los metabolitos mostrados en la tabla 11.

Tabla 11.

*Metabolitos a analizar en el laboratorio con su respectivo método*

<b>Metabolito</b>	<b>Tubo utilizado</b>	<b>Método</b>
Glucosa*	Tapa roja	Química húmeda
Urea*/**	Tapa roja	Química húmeda
Colesterol*	Tapa roja	Química húmeda
Triglicéridos*	Tapa roja	Química húmeda
Albúmina**	Tapa roja	Química húmeda
Proteínas totales**	Tapa lila	Química húmeda
Creatinina**	Tapa roja	Química húmeda
Hemoglobina**	Tapa lila	Citometría
ALT***	Tapa roja	Química húmeda
AST***	Tapa roja	Química húmeda
GGT***	Tapa roja	Química húmeda

Nota: \*Indicadores de vía energética, \*\*Indicadores de vía proteica e \*\*\*Indicadores de vía enzimática.

A los indicadores de vía energética plasmados en la tabla 11 se suma el  $\beta$ -hidroxibutirato analizado en campo.

La química húmeda se realizó en el equipo de marca SINNOWA, modelo BS-3100, en el laboratorio LABVET.

### **3.5. Análisis estadístico**

Para el presente proyecto se trabajó con análisis univariados y bivariados utilizando el programa SPSS, versión 25.

Con los datos obtenidos del laboratorio (Anexo 6) se aplicó estadística descriptiva, realizando el análisis de medidas de tendencia central para los valores de cada analito tanto en el período preparto (Anexo 7) como para el posparto (Anexo 8).

De igual manera se realizó el cálculo del valor H (Tabla 12), y así se graficó y describió en una campana de Gauss el comportamiento de cada metabolito en ambos períodos y lograr su comparación.

Con el fin de determinar una variación estadísticamente significativa entre los valores de los metabolitos obtenidos en ambos grupos (preparto y posparto) se aplicó T-test con un intervalo de confianza del 95%.

## Capítulo IV: Resultados y discusión

### 4.1. Resultados y discusión

Con respecto a los resultados obtenidos para cada metabolito (Anexos 6 y 9), en la tabla 12 se muestra el valor H, tanto para el período preparto como para el posparto.

Tabla 12

*Resultados del valor H para los períodos preparto y posparto por metabolito*

<b>Metabolito</b>	<b>Valor H Preparto</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Valor H Posparto</b>	<b>Interpretación</b>
<b>Glucosa</b>	-2,105	Deficiencia	-1,189	Adecuado
<b>Urea</b>	0,714	Adecuado	1,068	Adecuado
<b>Creatinina</b>	0,459	Adecuado	-0,584	Adecuado
<b>Trigliceridos</b>	-12,288	Deficiencia	-3,384	Deficiencia
<b>Colesterol</b>	-1,315	Adecuado	-0,008	Adecuado
<b>ALT</b>	-6,395	Deficiencia	-2,501	Deficiencia
<b>AST</b>	-1,643	Adecuado	-0,394	Adecuado
<b>Proteinas totales</b>	1,968	Adecuado	0,867	Adecuado
<b>Albúmina</b>	-0,700	Adecuado	-0,621	Adecuado
<b>GGT</b>	-0,420	Adecuado	-2,136	Deficiencia
<b>Hemoglobina</b>	-3,163	Deficiencia	-3,174	Deficiencia
<b>B-hidroxibutirato</b>	-0,671	Adecuado	2,901	Exceso

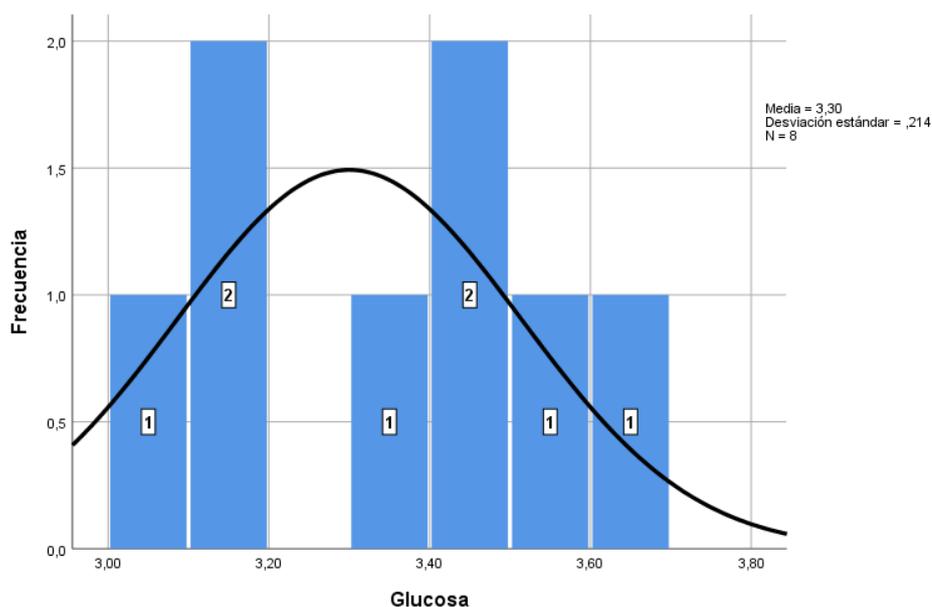
Debido a la cantidad de metabolitos analizados, los resultados y discusión se realizarán de acuerdo a cada uno de estos.

#### 4.1.1. Glucosa

En el anexo 7 y figura 7, se aprecia que la media del valor de glucosa en sangre durante el preparto fue de 3,300 mmol/L, esto con una varianza de 0,046 y una desviación estándar de 0,214 mmol/L, siendo este valor la dispersión de los datos con respecto a la media, el mismo que no es elevado pudiéndose observar en la figura 7 que la mayoría de frecuencias se encuentran cercanas a la media

sin existir valores lejanos tano a izquierda como derecha en la campana de Gauss.

El rango para la glucosa (anexo 7) en el período preparto fue de 0,600 mmol/L con un valor mínimo de 3,000 mmol/L y uno máximo de 3,600 mmol/L, lo que se encuentra dentro del rango del laboratorio, el mismo que es de 2,600 mmol/L a 4,900 mmol/L.



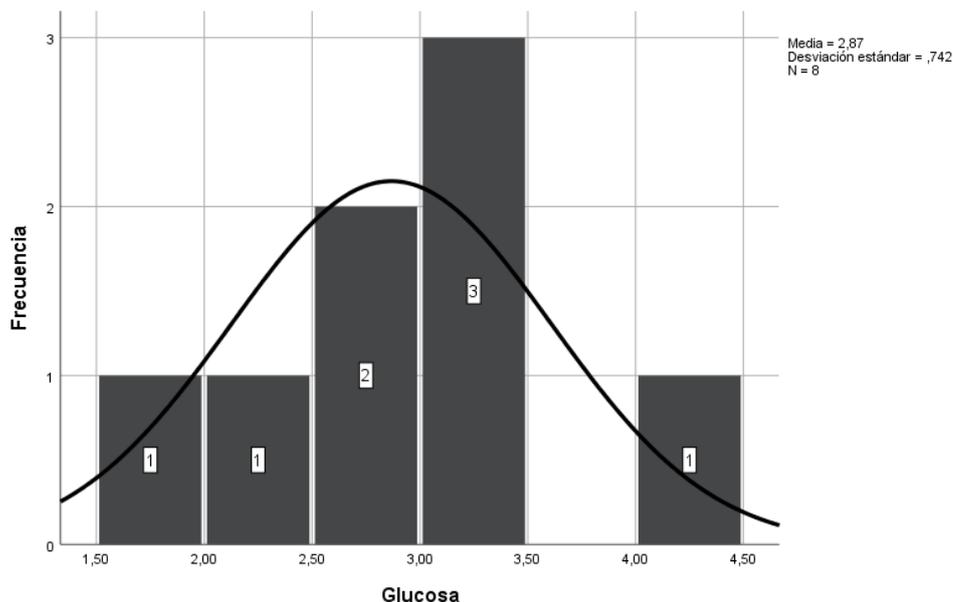
*Figura 7.* Curva de valores de glucosa en el período preparto

En el anexo 8 y figura 8, se muestra la media del valor de glucosa en el período posparto siendo de 2,868 mmol/L, valor que es inferior comparado al caso del preparto con una diferencia de 0,433 mmol/L.

La varianza en el período posparto (Anexo 8) fue de 0,551 con una desviación estándar de 0,742 mmol/L, datos que se encuentran superiores en comparación con el caso del preparto mostrando una mayor dispersión de datos en relación a la media, tal como se aprecia en la figura 8.

El rango para el período posparto (Anexo 8) fue de 2,400 (1,900 mmol/L superior que en el preparto) con un mínimo de 1,700 mmol/L y un máximo de 4,100

mmol/L, valores que si se comparan con el rango de referencia del laboratorio (2,600 mmol/L-4,900 mmol/L), el dato máximo se mantiene dentro, sin embargo, el mínimo disminuyó 0,700 mmol/L con respecto al rango inferior del laboratorio.



*Figura 8.* Curva de valores de glucosa en el período posparto

El valor de H (Tabla 12) fue de -2,105 para el período preparto, demostrando que existe una desviación negativa con respecto a los rangos de referencia del laboratorio, por lo que se aprecia una deficiencia de glucosa para el hato en general.

En el período posparto, el valor de H (Tabla 12) fue de -1,189, valor que no indica una desviación significativa con respecto al rango de referencia, lo que no demuestra una deficiencia o exceso de glucosa en el período posparto.

En el caso del período posparto, el animal de nombre Mi-mozuca mostró un valor de glucosa elevado (4,100 mmol/L) en relación al resto de animales muestreados, siendo así que se aprecia en la figura 8 el rango máximo lejos de la media, el cual presenta un solo animal como frecuencia.

El valor elevado de glucosa en relación a la media del animal Mi-mozuca en el posparto causó que el valor de H no haya demostrado una deficiencia de glucosa significativa, esto pese a que el resto de los animales presentaron valores mucho menores de este metabolito en relación al período preparto, el cual si demuestra un valor H significativo.

En un estudio realizado en el año 2017 con vacas de raza Holstein, se demostró que niveles elevados de glucosa en el posparto son indicadores de metritis u otras alteraciones reproductivas, pese a que no se sabe la causa precisa, se cree que niveles elevados de cortisol al momento del parto producen tolerancia a la insulina e inmunosupresión, factores que producen metritis e hiperglucemia simultáneamente (Bicalho et al., 2017); lo que concuerda con el nivel de glucosa elevado en el animal de nombre Mi-mozuca en el posparto, en relación al resto de animales del grupo.

Con el fin de determinar si existe diferencia significativa en el valor de glucosa entre el período preparto y posparto, se aplicó una prueba de T de student para datos relacionados como se muestra en la tabla 13, en donde se aprecia que el *p valor* es mayor a 0,05 por lo que se acepta la hipótesis nula, demostrando que no existe diferencia significativa entre el valor sérico de glucosa en el preparto vs el posparto.

Tabla 13.

*Prueba de t de student para glucosa preparto con glucosa posparto*

Metabolito	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		T	GL	Sig. Bilateral
				Inferior	Superior			
Par Glucosa1 - 1 Glucosa2	,43250	,71209	,25176	-,16283	1,02783	1,718	7	,130

Nota: Glucosa1= Valor de glucosa en el preparto

Glucosa 2= Valor de glucosa en el posparto

GL= Grados de libertad

Tomando en cuenta los resultados del presente estudio, se aprecia que no existe una diferencia significativa entre los niveles de glucosa del grupo preparto con el posparto, este pese a que el valor H indica una deficiencia de glucosa en el grupo preparto mientras que no lo hace en el posparto.

A diferencia de los resultados obtenidos en el presente estudio, un estudio en el 2018 en Bulgaria, realizado en vacas Holstein 3 semanas preparto y 3 posparto, ha demostrado que existe un valor de glucosa sérica significativamente ( $p < 0,05$ ) menor en el posparto que en el preparto (Khalphallah et al., 2018).

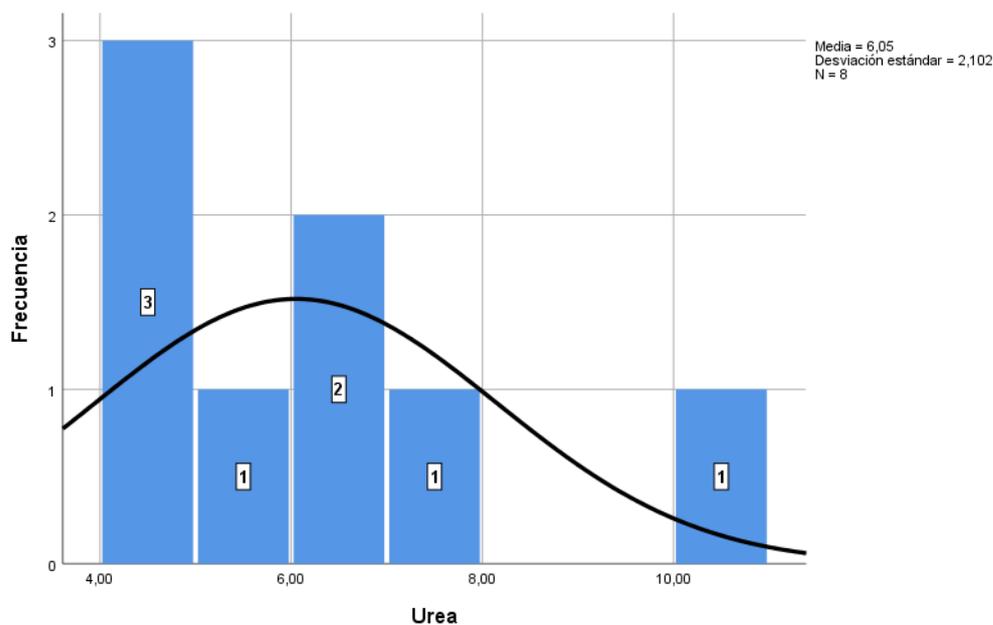
La diferencia de resultados obtenida puede deberse en un inicio a que en el presente estudio existió un caso en el grupo posparto con el rango máximo de glucosa (4,10mmol/L), el mismo que se encontraba demasiado disperso en relación a la media, esto relacionado a la presencia de metritis en el animal como se mencionó previamente, mientras que en el estudio en Bulgaria se trabajó con animales clínicamente sanos.

Sin embargo, concordando con los resultados del presente estudio, tres estudios adicionales señalan que los valores séricos de glucosa en bovinos no se ve afectada significativamente por el parto, esto debido al mecanismo de control homeostático del organismo ante este metabolito como es la producción endógena de glucosa (Cozzi et al., 2011; Garverick et al., 2013; Jeong et al., 2015).

#### **4.1.2. Urea**

En el anexo 7 y figura 9, se aprecia que la media para los niveles séricos de urea en el periodo de preparto fue de 6,050 mmol/L, esto con una varianza de 4,417 y una desviación estándar de 2,102 mmol/L, lo que indica la dispersión de datos con respecto a la media, la misma que se visualiza en la figura 9.

El rango para la urea en el período preparto (anexo 7) fue de 6,000 mmol/L con un mínimo de 4,000 mmol/L y un máximo de 10,000 mmol/L, los mismos que en el caso del rango máximo sobrepasa el valor de referencia superior (2,500 mmol/L-6,600 mmol/L).



*Figura 9.* Curva de los valores de urea en el período preparto

En la curva de la figura 9 se visualiza que un animal, de los ocho del estudio, se encuentra hacia la derecha en 10,000 mmol/L y tres bovinos con 4,000 mmol/L hacia la izquierda, ocasionando dispersión de datos que se reflejan en la desviación estándar.

En la figura 9 se observa que existen tres bovinos con un valor de urea de 4,000 mmol/L siendo esta la moda del grupo.

En el anexo 8 y figura 10, se aprecia que la media de urea para el período posparto fue de 6,644 mmol/L (mayor que en el preparto), con una varianza de 3,841 (menor que en el preparto) y una desviación estándar de 1,960 mmol/L (menor que en el preparto), lo que indica una menor dispersión de datos con respecto a la media en relación al período preparto.

El rango para urea en el caso del posparto fue de 6,200 mmol/L con un mínimo de 2,700 mmol/L y un máximo de 8,900 mmol/L, siendo mayor que en el caso del preparto, pero como se aprecia en la figura 10, la mayoría de las frecuencias se encuentran cercanas a la media y hacia la derecha por lo que la dispersión de datos se refleja con una menor desviación estándar en comparación con el preparto.

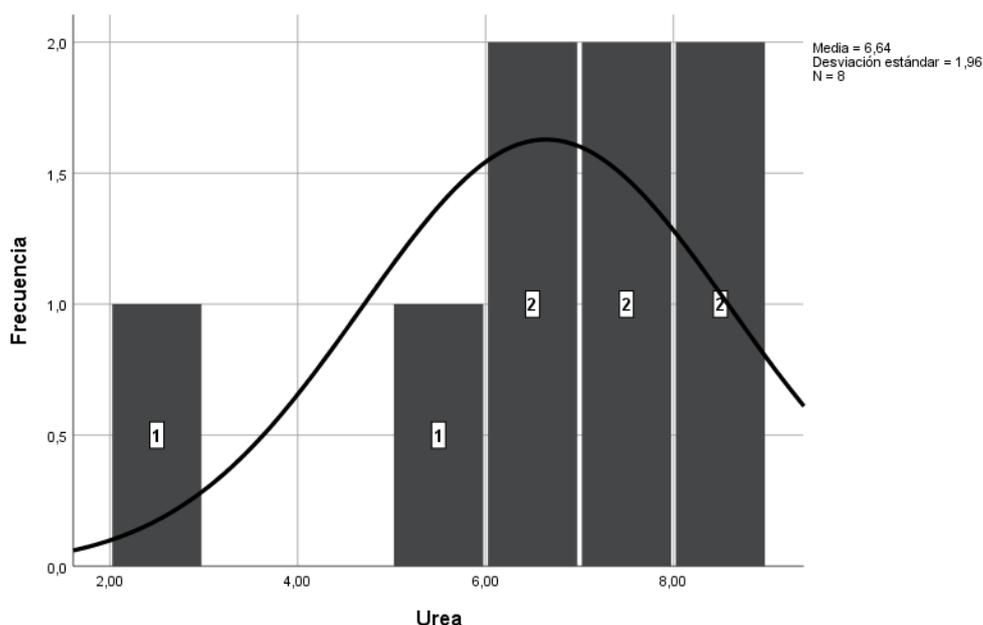


Figura 10. Curva de los valores de urea en el período posparto

En la tabla 12, se observa que el valor de H para el período preparto y posparto respectivamente fue de 0,714 y 1,068 respectivamente, demostrando que no existe deficiencia ni exceso de este metabolito, sin embargo, si se aprecia una distribución hacia la derecha, la misma que se visualiza en las figuras 9 y 10.

En la tabla 14, se aprecia la prueba de t de student realizada entre el período preparto y posparto para urea, determinando un *p valor* de 0,650, el mismo que por ser mayor a 0,05 permite aceptar la hipótesis nula y por ende determinar que no existe diferencia significativa entre los valores de urea de ambos períodos.

En relación a los datos obtenidos sobre la urea, un estudio realizado en 42 vacas Holstein en pastoreo midió los niveles de varios metabolitos en el preparto y posparto, determinando que la urea no presenta diferencia significativa entre ambos periodos, concordando con el presente estudio, además de mencionar que no existió deficiencia significativa del metabolito en relación a los rangos de referencia, coincidiendo igualmente con los resultados obtenidos, y que se reflejan en el valor de H (Cavestany et al., 2005).

Tabla 14.

*Prueba de t de student para urea en el período preparto y posparto*

Metabolito	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		T	GL	Sig. Bilateral
				Inferior	Superior			
Par Urea1 - Urea2	-,59375	3,53901	1,25123	-3,55244	2,36494	-,475	7	,650

Nota: Urea1= Valor de urea en el preparto

Urea 2= Valor de urea en el posparto

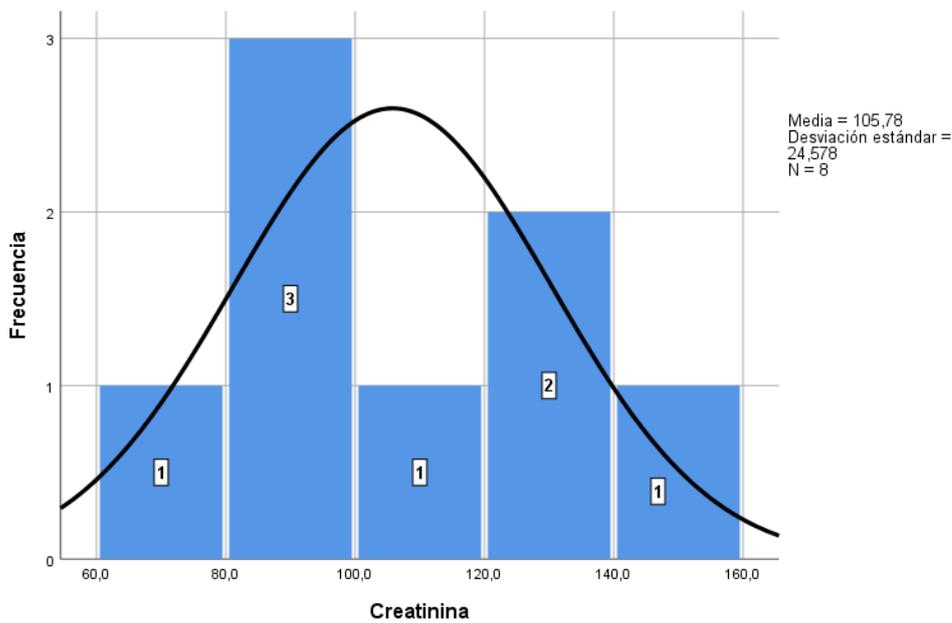
GL= Grados de libertad

#### 4.1.3. Creatinina

En el anexo 7 y figura 11, se aprecia que la media para los valores séricos de creatinina durante el período preparto fue de 105,775  $\mu\text{mol/L}$ , esto con una varianza de 604,056 y una desviación estándar de 24,578  $\mu\text{mol/L}$ , siendo los últimos valores demasiado altos lo que demuestra una dispersión de datos en relación a la media y por ende una menor homogeneidad en los resultados del grupo de animales.

El rango para los valores de creatinina en el preparto (anexo 7) fue de 79,100  $\mu\text{mol/L}$ , esto con un valor máximo de 142,700  $\mu\text{mol/L}$  y uno mínimo de 63,600  $\mu\text{mol/L}$ , los cuales son dispersos, sin embargo, esto se relaciona con la amplitud que existe en los rangos de referencia (60  $\mu\text{mol/L}$ -129  $\mu\text{mol/L}$ ).

En la figura 11, se observa que un animal presenta el rango máximo de 142,700,  $\mu\text{mol/L}$  el mismo que es mayor al valor de referencia, por lo que presenta exceso de creatinina, al igual que se aprecia una dispersión de los datos, por lo que los resultados no son homogéneos.



*Figura 11.* Curva de los valores de creatinina en el preparto

En el anexo 8 y figura 12, se muestra la media para creatinina en el período posparto, siendo de 84,675  $\mu\text{mol/L}$ , la misma que es inferior a la media del período preparto, con una varianza de 282,988 y una desviación estándar de 16,822  $\mu\text{mol/L}$ , las mismas que muestran al igual que en período preparto una dispersión de los datos con respecto a la media.

El rango para la creatinina en el período posparto (anexo 8) fue de 41,900  $\mu\text{mol/L}$  con un mínimo de 62,000  $\mu\text{mol/L}$  y un máximo de 103,900  $\mu\text{mol/L}$ , siendo así que en la figura 12 se aprecia una dispersión de los datos con respecto a la media, mostrando incluso tres frecuencias que se encuentran en la derecha extrema de la curva, sin embargo, a diferencia del período preparto, el rango del posparto sí se encuentra dentro de los rangos de referencia del laboratorio (60,000  $\mu\text{mol/L}$ -129,000  $\mu\text{mol/L}$ ).

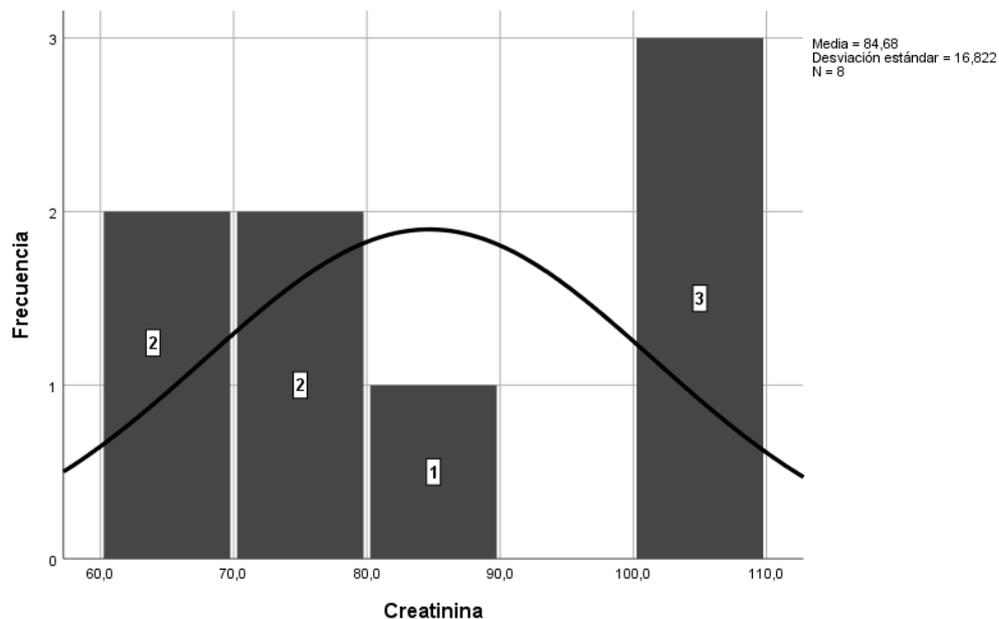


Figura 12. Curva de los valores de creatinina en el período posparto

En el caso del valor H (tabla 12), se aprecia que en el período preparto de 0,459, mientras que en el posparto de -0,584, lo que indica que no existe ni exceso ni deficiencia en ambos periodos, sin embargo demuestra una diferencia de la tendencia del metabolito entre las dos etapas, puesto que en el preparto se aprecia un valor negativo y en el posparto uno positivo, lo que concuerda con la disminución de la media de creatinina del preparto al posparto.

La diferencia del valor de H entre el preparto y el posparto concuerda con los resultados del t test (tabla 15), en donde se aprecia un *p* valor de 0,038, el mismo que es menor a 0,05 por lo que se rechaza la hipótesis nula existiendo diferencia significativa entre las medias de creatinina en ambos períodos, siendo así que los valores de este metabolito tienden a bajar en el posparto, esto sin ocasionar que exista una deficiencia o exceso del mismo puesto que el valor de H no sobrepasa +/- 2.

En relación a los resultados obtenidos sobre la creatinina, un estudio realizado en 24 vacas Holstein multíparas determinó que los niveles de creatinina de los

animales disminuyen de manera significativa durante el parto por la pérdida muscular que presenta el animal, además de entrar este a un balance proteico negativo por la movilización de proteína para gluconeogénesis lo que concuerda con la disminución significativa de los niveles de creatinina en el posparto presentados en el presente estudio (Rodríguez-Jimenez et al., 2018).

Los animales estudiados presentaron cetosis en el posparto, relacionándose con lo que menciona Rodríguez-Jimenez et al. en el 2018 de que vacas con presencia de cetosis tienen niveles menores de creatinina, lo que ocasiona que en el presente estudio exista una disminución significativa de los niveles de creatina en el posparto en relación al preparto (Rodríguez-Jimenez et al., 2018).

Tabla 15.

*Prueba de t de student para creatinina en el período preparto y posparto*

Metabolito	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		T	Sig. GL	Bilateral
				Inferior	Superior			
Par Creatinina1 - 3 Creatinina2	21,1000	23,3866	8,2684	1,5483	40,6517	2,552	7	,038

Nota: Creatinina1= Valor de creatinina en el preparto

Creatinina2= Valor de creatinina en el posparto

GL= Grados de libertad

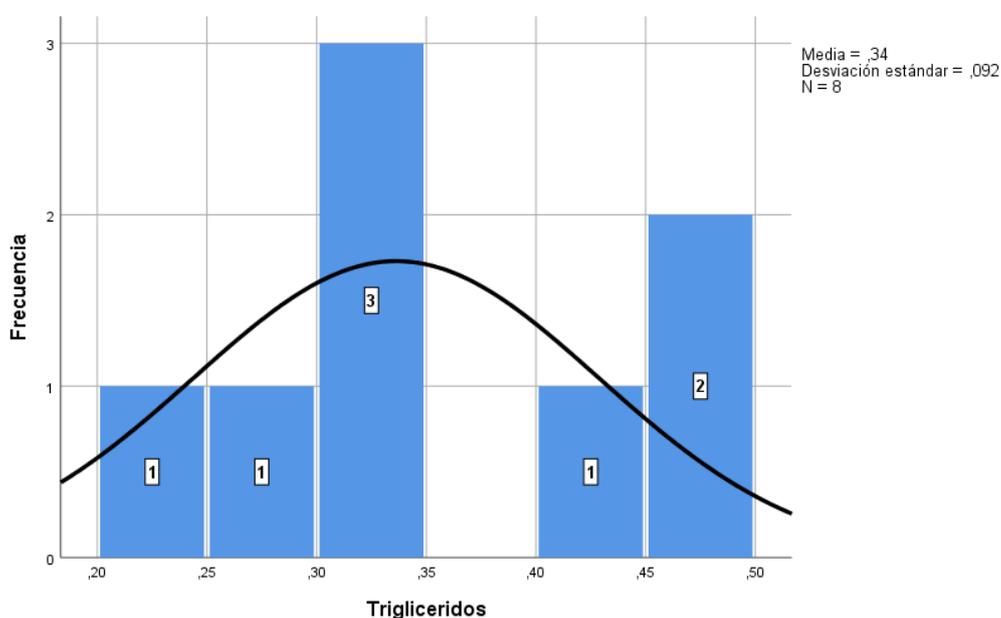
#### 4.1.4. Triglicéridos

En el anexo 7 y figura 13, se aprecia la media del valor de triglicéridos en el período preparto siendo de 0,336 mmol/L, con una varianza de 0,009 y una desviación estándar de 0,092 mmol/L siendo valores bajos, sin embargo, esto además de indicar una menor dispersión de los datos en relación a la media, también se debe a los rangos de referencia disminuidos con los que se trabaja.

En rango para triglicéridos en el preparto fue de 0,240 mmol/L con un mínimo de 0,220 mmol/L y un máximo de 0,460 mmol/L, los mismos que se encuentran

dentro de los rangos de referencia (0,110 mmol/L-2,830 mmol/L), sin embargo se aprecia en la figura 13 una baja dispersión de datos, pero la mayoría se encuentra a la izquierda de la media, lo que indica que los animales presentaron valores bajos cercanos al límite inferior.

La moda para triglicéridos en el preparto, como se aprecia en la figura 13 fue de 0,30 mmol/L, siendo un valor que se encuentra a la izquierda de la media y cercano al límite inferior.



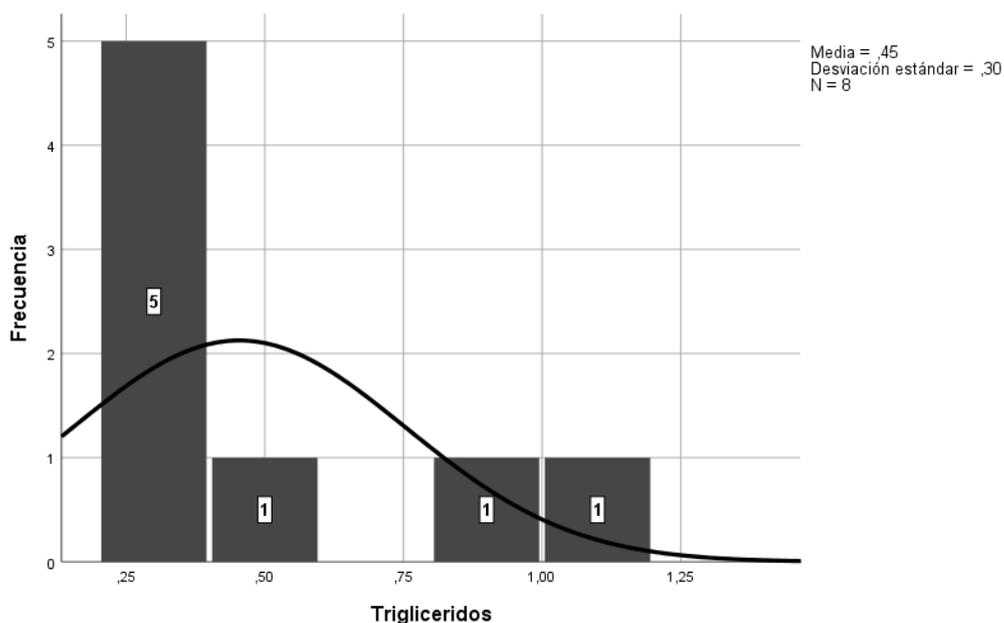
*Figura 13.* Curva de los valores de triglicéridos en el periodo preparto

En el anexo 8 y figura 14, se observa que la media de triglicéridos en el posparto, fue de 0,454 mmol/L (mayor que en el caso del preparto), con una varianza de 0,090 y una desviación estándar de 0,300 mmol/L demostrando una mayor dispersión de los datos con respecto a la media en comparación con el periodo preparto.

El rango de triglicéridos para el posparto (anexo 8) fue de 0,800 mmol/L, con un valor mínimo de 0,200 mmol/L y uno máximo de 1,000 mmol/L, encontrándose al igual que el preparto dentro del rango de referencia (0,110 mmol/L-2,830 mmol/L), y a diferencia del preparto, los valores fueron mayores sin embargo,

estos se mantuvieron a la izquierda de la media en su mayoría, con una mayor dispersión y por ende cercanos al límite inferior (figura 14).

Se presentaron más de una moda para los valores de triglicéridos en el posparto, sin embargo, la mayoría de los valores fueron menores a 0,5 mmol/L como se aprecia en la figura 14.



*Figura 14.* Curva de valores de triglicéridos en el período posparto

El valor de H (tabla 12) para el período preparto fue de -12,288 demostrando una deficiencia significativa, pese a que el rango de la muestra se mantuvo dentro del rango de referencia, sin embargo, como se aprecia en la figura 13 los valores obtenidos se encuentran demasiado cercanos al límite inferior y a la izquierda de la media.

El valor H (tabla 12) en el período posparto fue menor que en el preparto, siendo de -3,384, sin embargo, indica una deficiencia de triglicéridos durante este período, pese a no ser tan significativa como en el caso del preparto, lo que se expresa con valores a la izquierda de la media y cercanos al límite inferior en la figura 14.

En la prueba de t student (tabla 16), se aprecia que el *p* valor fue de 0,344, demostrando que no existe diferencia significativa entre el período preparto y posparto, por lo que se acepta la hipótesis nula.

Pese a que no existe diferencia significativa entre el valor de triglicéridos del preparto y posparto, sí existe una deficiencia de este metabolito demostrada en el valor de H que sobrepasa el -2, siendo así que no se muestra una diferencia al encontrarse la deficiencia en ambos períodos.

Tabla 16.

*Prueba de t de student para triglicéridos en el período preparto y posparto*

Metabolito	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		T	Sig. GL Bilateral
				Inferior	Superior		
Par Trigliceridos1 -	-,11750	,32753	,11580	-,39133	,15633	-	7
4 Trigliceridos2							1,015

Nota: Triglicéridos1= Valor de triglicéridos en el preparto

Triglicéridos2= Valor de triglicéridos en el posparto

GL= Grados de libertad

En relación a los resultados obtenidos sobre los triglicéridos, un estudio realizado en 30 vacas Holstein multíparas de alta producción, en donde se midieron los niveles de triglicéridos en el período preparto (60 y 30 días previos al parto) y 12 horas posparto, se demostró un aumento de los valores circulantes de este metabolito en el preparto y un descenso de los mismos en el posparto, mientras que en el presente estudio no se presentó una diferencia significativa entre ambos períodos, y en el posparto se aprecia una menor deficiencia que el preparto (Crociati et al., 2017).

Una posible causa para la deficiencia de triglicéridos presentados en el preparto en el presente estudio, frente a valores aumentados propuesto por Crociati et al. en el 2017, se debe a que los bovinos del estudio tenían acceso *ad libitum* a una

ración total mixta, mientras que los animales del presente estudio se encontraron bajo pastoreo con ración de balanceado de 4 kg diarios.

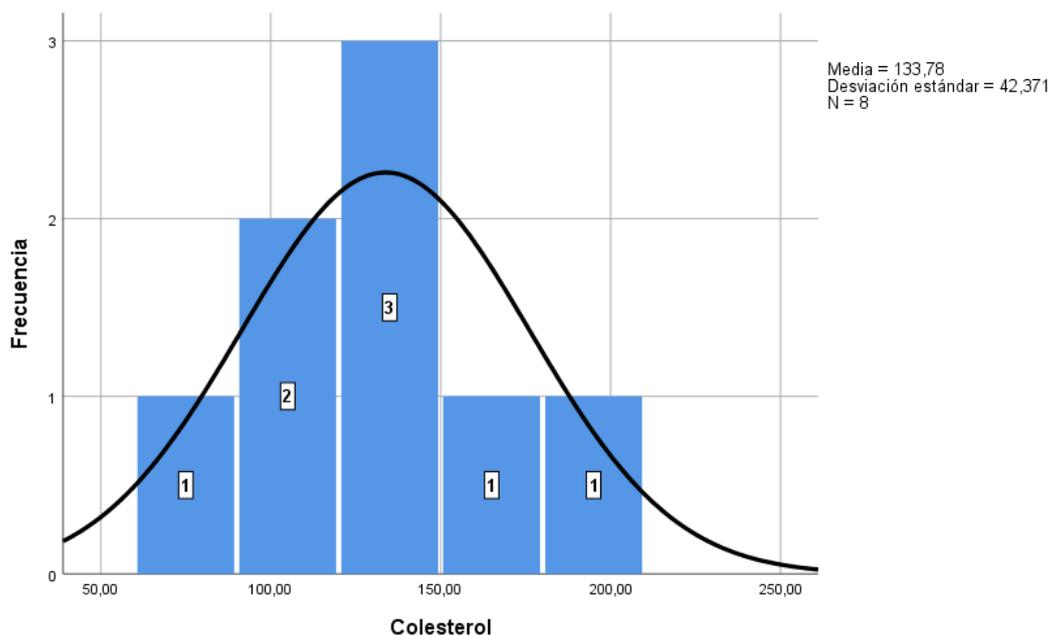
De igual manera, los días de muestreo del estudio de Crociati et al. en el 2017 fueron 60 y 30 preparto, y 12 horas posparto, mientras que en el presente estudio fueron el día 15 preparto y 42 posparto.

Otro estudio realizado en 5 vacas Holstein multíparas en Italia mostró que los valores de triglicéridos eran los más altos en el preparto, con una tendencia a disminuir hasta los 30 días posparto del muestreo con un *p valor* menor a 0,001, siendo así que concuerda con Crociati et al., sin embargo, en el presente estudio la deficiencia marcada de triglicéridos en el preparto puede deberse a factores de la dieta demostrando deficiencia energética en los animales, lo que ocasiona que a diferencia de los estudios mencionados no exista diferencia significativa entre el preparto y posparto (Arfuso et al., 2016).

#### **4.1.5. Colesterol**

En el anexo 7 y figura 15 se aprecia que la media para colesterol en el período preparto fue de 133,775 mg/dL, esto con una varianza de 1795,285 y una desviación estándar de 43,371 mg/dL, lo que indica una dispersión de los datos con respecto a la media, relacionado con el elevado rango de referencia para éste metabolito (anexo 6).

El rango para el colesterol en el preparto (anexo 7) fue de 135,500 mg/dL, con un valor mínimo de 69,400 mg/dL, y uno máximo de 204,900 mg/dL, valores que se encuentran dentro del rango de referencia (42,000 mg/dL-337,000 mg/dL), además en la figura 15 se aprecia que pese al valor aumentado de desviación estándar, la mayor frecuencia de datos se encuentra dentro de la media existiendo frecuencias de apenas un animal que se encuentran hacia la extrema derecha e izquierda de la figura.



*Figura 15.* Curva para los valores de colesterol durante el período preparto

La media de colesterol para el período posparto (anexo 8 y figura 16) fue de 188,796 mg/dL, esto con una varianza de 7335,808 y una desviación estándar de 85,883 mg/dL, siendo valores superiores a los del preparto, manteniendo al igual que éste último período, una dispersión de datos en relación a la media, probablemente relacionado a la amplitud de los rangos de referencia para éste metabolito.

El rango para colesterol en el período posparto (anexo 8) fue de 223,890 mg/dL, con un valor mínimo de 95,900 mg/dL y uno máximo de 319,790 mg/dL, siendo valores que al igual que en el caso del preparto se mantienen dentro de los rangos de referencia (42,000 mg/dL-337,000 mg/dL).

A diferencia del preparto, la dispersión de datos del posparto para colesterol en relación a la media sí se refleja en la curva de valores (figura 16), en donde los datos se encuentran alejados de la media hacia la derecha e izquierda de la misma.

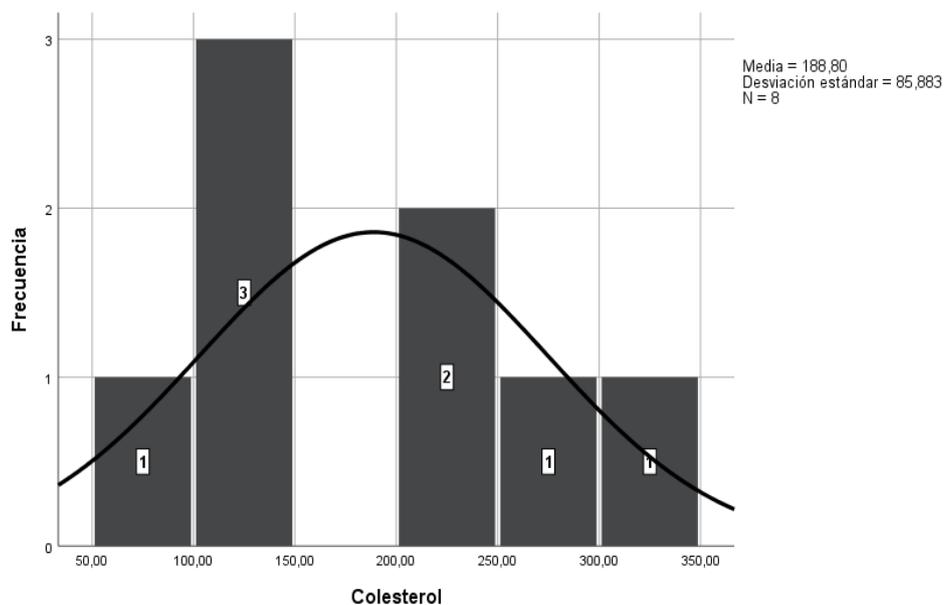


Figura 16. Curva de valores de colesterol para el período posparto

El valor de H (tabla 12) para el período preparto fue de -1,315, lo que indicaría que no existe una deficiencia de colesterol para este período, al igual que en posparto, en donde se obtuvo un valor menos significativo de -0,008, relacionándose con la media de éste último período, la cual fue mayor que en el caso del preparto.

Entre el preparto y el posparto no existe diferencia significativa de los niveles de colesterol, esto al obtener un *p* valor de 0,159 (Tabla 17) el cual es mayor a 0,05 siendo así que se acepta la hipótesis nula, además si se relaciona esto con el valor de H, en ambos períodos no existe deficiencia de colesterol.

En relación a los datos obtenidos sobre el colesterol, un estudio realizado en vacas Holstein multíparas en Brasil, señala que el colesterol mostró un descenso en el parto en relación al período preparto (dos semanas previas al parto), esto seguido con un aumento durante el posparto (tres semanas posparto), concordando con los datos obtenidos en el presente estudio, en donde se aprecia el aumento de la media en el posparto ( y por ende disminución de la significancia del valor H) en relación al preparto (Baldacim et al., 2018) .

En el estudio de Baldacim et al. en 2018, sin embargo, se manifiesta que existe una diferencia significativa entre el valor de colesterol en la tercera semana posparto y una semana preparto, mientras que en el presente estudio no existió diferencia significativa en los valores de colesterol entre ambos períodos, siendo una causa de esto los tiempos de evaluación puesto que en la investigación de Baldacim se trabajó desde la segunda semana preparto hasta la tercera posparto, y en este caso desde el día 15 preparto hasta el 42 posparto.

Otro factor relacionado a la diferencia de resultados entre el estudio de Baldacim et al. en el 2018, con la presente investigación fue la dieta de los animales, siendo en dicho estudio a base de pastura (*Cynodon dactylon*), silo de maíz y concentrado, mientras que los animales muestreados en esta investigación solamente consumieron pasto (Mezcla forrajera de *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne*, *Trifolium repens*, *Trifolium pratense* y *Pennisetum clandestinum*) y concentrado.

Tabla 17.

*Prueba de t de student para colesterol en el período preparto y posparto*

Metabolito	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		T	Sig. GL	Sig. Bilateral
				Inferior	Superior			
Par Colesterol1 -	-	98,68277	34,88963	-	27,47961	-	7	,159
5 Colesterol2	55,02125			137,52211		1,577		

Nota: Colesterol1= Valor de colesterol en el preparto

Colesterol2= Valor de Colesterol en el posparto

GL= Grados de libertad

#### 4.1.6. ALT

En el anexo 7 y figura 17 se aprecia la media para ALT en el período preparto, la misma que fue de 15,913 U/L, con una varianza 25,173 y una desviación estándar de 5,017 U/L, mostrando la dispersión de datos con respecto a la media.

El rango para ALT en el período preparto (anexo 7) fue de 13,000 U/L, con un mínimo de 11,400 U/L y un máximo de 24,400 U/L, lo cual considerando el rango de referencia (5,000 U/L-91,000 U/L), se encuentra dentro de estos valores, sin embargo, se desplaza más hacia el valor de referencia inferior, tal como se puede observar en la figura 17, en donde el rango máximo es bajo en relación a los valores de referencia, ocasionando que los datos se desplacen a la izquierda en relación a la media.

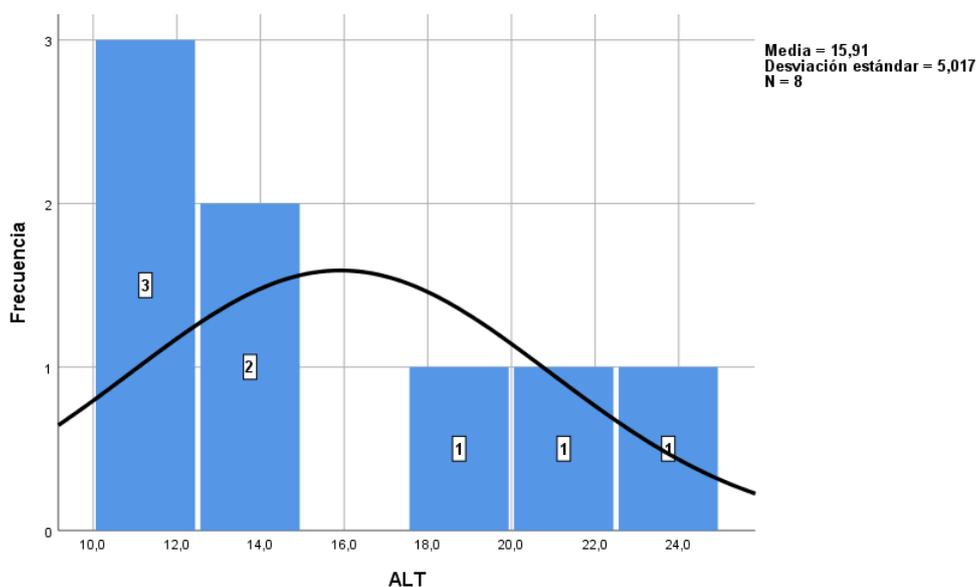


Figura 17. Curva de valores de ALT en el período preparto

En el anexo 8 y figura 18, se observa que la media para ALT en el posparto fue de 23,725 U/L, con una varianza de 94,236 y una desviación estándar de 9,708 U/L, siendo valores superiores en relación a los del período del preparto.

El rango para ALT en el posparto (anexo 8) fue de 28,200 U/L con un valor máximo de 39,800 U/L y uno mínimo de 11,600 U/L, siendo valores que se encuentran al igual que en el caso del preparto dentro de los rangos de referencia (5,000 U/L-91,000 U/L), sin embargo, en la figura 18, se aprecia que la mayoría de frecuencias se encuentra más cercanas al límite inferior.

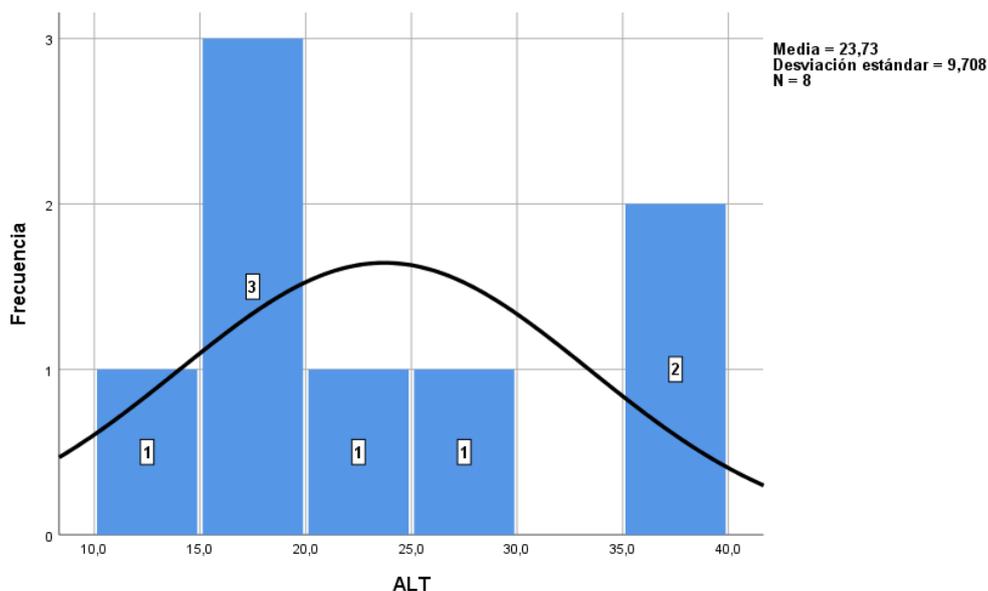


Figura 18. Curva de valores de ALT para el posparto

El valor de H (Tabla 12) para ALT en el período preparto fue de -6,395 y en el posparto de -2,500, lo que se relaciona con los valores observados en las figuras 17 y 18, en donde en ambos periodos la mayoría de frecuencias se encuentra cercana al rango mínimo y valor de referencia inferior, siendo así que pese a tener valores de ALT dentro del rango de referencia para ambos períodos, estos son bajos causando la alteración en el valor de H.

El aumento de los valores de ALT en el posparto (figura 18) en relación al preparto (figura 17), se refleja en el hecho de obtener un valor de H en el período posparto que refleja una menor deficiencia en relación al preparto.

En la tabla 18, se observa que el *p* valor para la prueba de t de student en el preparto y posparto para ALT fue de 0,097, siendo mayor a 0,05 por lo que se acepta la hipótesis nula, determinando que no existe diferencia significativa entre los valores de ALT en el preparto con el posparto.

Con los datos de la prueba de t de student y el valor de H, se puede determinar que existe una disminución de ALT en ambos períodos.

Tabla 18

*Prueba de t de student para ALT en el período preparto y posparto*

Metabolito	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		T	GL	Sig. Bilateral
				Inferior	Superior			
Par ALT1 - ALT2	-7,8125	11,5334	4,0777	-17,4546	1,8296	-	7	,097
							6	1,916

Nota: ALT1= Valor de ALT en el preparto

ALT2= Valor de ALT en el posparto

GL= Grados de libertad

Un estudio realizado en 17 vacas Holstein, en donde se realizó un perfil metabólico en el día 15 preparto, el día del parto, 30 y 45 posparto, determinó que no existió diferencia significativa entre los valores de ALT del preparto y posparto (Joksimović Todorović & Davidović, 2012); siendo resultados que concuerdan con los datos obtenidos en el presente estudio.

#### 4.1.7. AST

En el anexo 7 y figura 19 se observa que la media para AST en el período preparto fue de 60,713 U/L, con una varianza de 236,847 y una desviación estándar de 15,390 U/L, siendo valores que indicarían una dispersión de los datos en relación a la media, sin embargo, la dispersión obtenida concuerda con la amplitud de los rangos de referencia de éste metabolito (23,000 U/L-129,000 U/L).

El rango para AST en el período preparto (anexo 7) fue de 46,900 U/L, con un valor mínimo de 36,100 U/L y uno máximo de 83,000 U/L, siendo valores que se encuentran dentro del rango de referencia (23,000 U/L-129,000 U/L), además de apreciarse en la figura 19 que no existe una tendencia de los datos hacia la izquierda o derecha de la curva, manteniéndose dentro de los rangos de referencia y cercanos a la media.

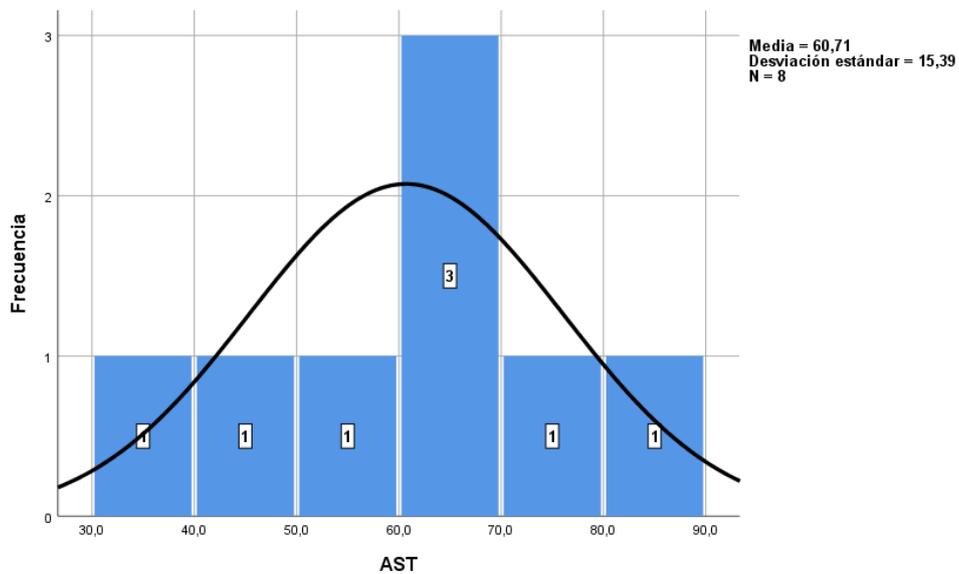


Figura 19. Curva de valores de AST en el período preparto

En el anexo 8 y figura 20, se aprecia que la media para AST en el período posparto fue de 79,212 U/L con una varianza de 296,104 con una desviación estándar de 17,208 U/L, mostrando valores superiores en comparación con el preparto.

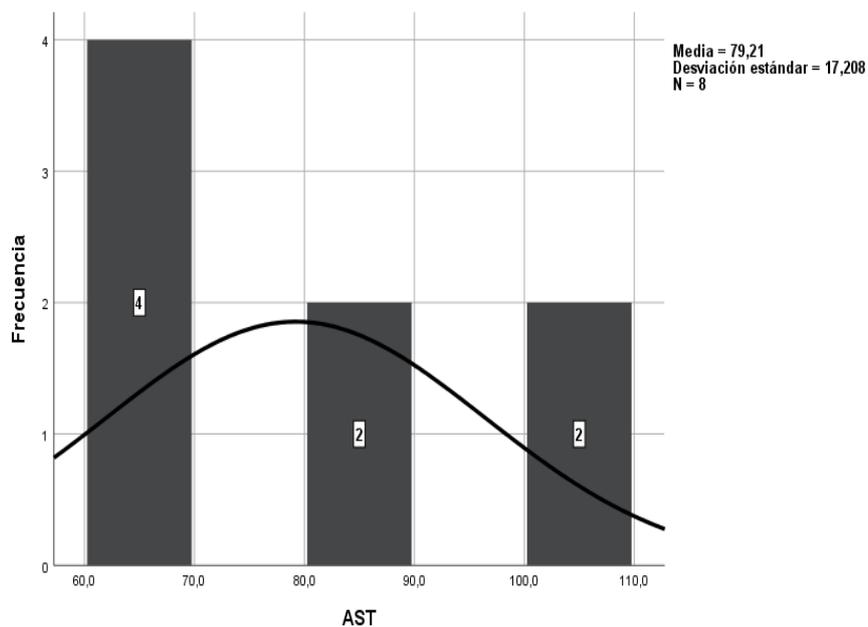


Figura 20. Curva de valores de AST en el posparto

El rango de AST para el posparto (anexo 8) fue de 45,300 U/L con un valor máximo de 108,100 U/L y uno mínimo de 62,800 U/L, manteniéndose dentro de los valores de referencia (23,000 U/L-129,000 U/L), sin embargo, a diferencia del preparto, se aprecia en la figura 20, que existe una mayor dispersión de datos en relación a la media, lo que concuerda con el valor de desviación estándar aumentado y la distribución de datos en la curva hacia la izquierda y derecha de la media.

El valor de H para AST en el preparto fue de -1,643, mientras que en el posparto fue -0,394, lo que indica que en ambos períodos no existe alteración de este metabolito, sin embargo, sí se aprecia una tendencia a aumentar en el posparto en relación al preparto.

En la tabla 19, se aprecia lo que refleja la tendencia del valor de H (aumento de AST del preparto al posparto), al existir un *p* valor, en la prueba de t de student, de 0,031 siendo menor a 0,05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se demuestra que sí existe diferencia significativa entre el valor de AST de los períodos del preparto y el posparto.

Tabla 19

*Prueba de t de student para AST en el período preparto y posparto*

Metabolito	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		T	GL	Sig. Bilateral
				Inferior	Superior			
Par AST1 - AST2	-18,5000	19,4222	6,8668	-34,7373	-2,2627	-	7	,031
							7	2,694

Nota: AST1= Valor de AST en el preparto

AST2= Valor de AST en el posparto

GL= Grados de libertad

Con respecto a los resultados obtenidos para AST, un estudio en el que se utilizaron bovinos en diferente condición corporal (agrupándolos de acuerdo a este factor), en el cual se midió AST cada 10 días desde los 30 días previos al

parto hasta los 30 posteriores, demostró que existió un incremento de AST estadísticamente significativo ( $p=0,04$ ) en el posparto en relación al preparto (Rafia, Taghipour-Bazargani, Asadi, Vajhi, & Bokaie, 2012); concordando con los resultados obtenidos en el presente estudio.

#### 4.1.8. GGT

En el anexo 7 y figura 21 se visualiza que la media para GGT en el período del preparto fue de 28,063 U/L, con una varianza de 167,583 y una desviación estándar de 12,945 U/L.

El rango para GGT en el período del preparto (anexo 7) fue de 33,500 U/L, con un valor mínimo de 13,000 U/L y uno máximo de 46,500 U/L, lo que se mantiene dentro de los rangos de referencia (13,000 U/L-54,000 U/L), e incluso se aprecia que el rango mínimo es igual al valor de referencia inferior, y el rango máximo se acerca demasiado al valor de referencia superior.

En la figura 21, se aprecia que la mayor frecuencia de valores se encuentra hacia la izquierda de la media, cercanas al rango mínimo, el mismo que es igual valor de referencia inferior.

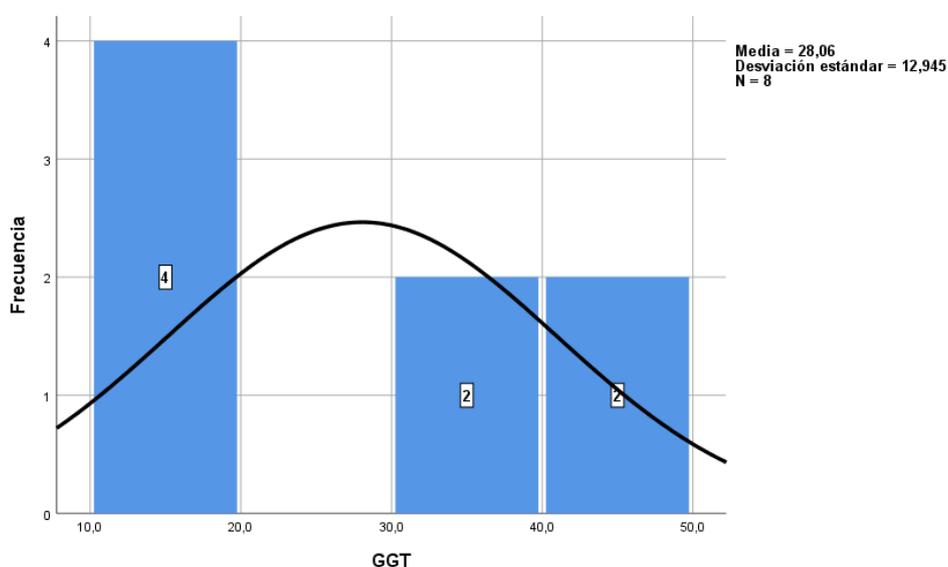
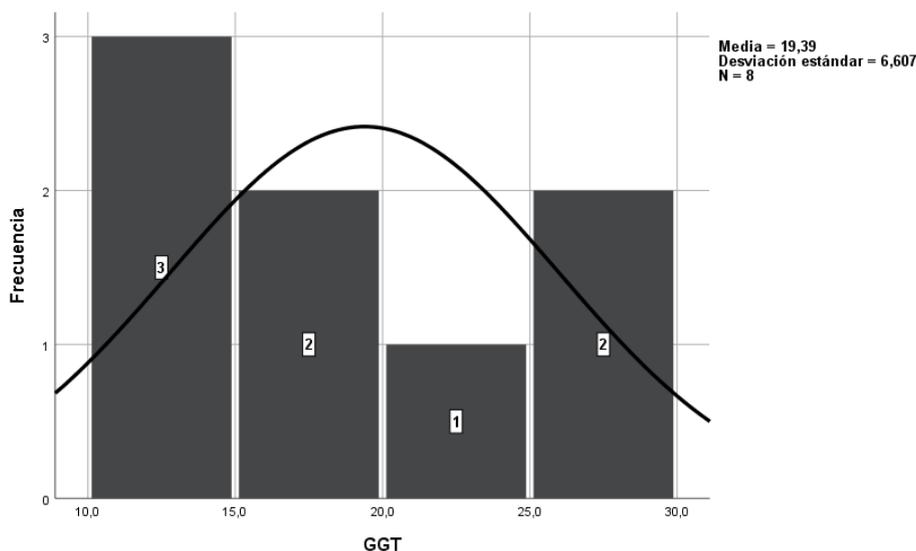


Figura 21. Curva de valores de GGT para el preparto

En el anexo 8 y figura 22 se muestra que la media de GGT en el posparto fue de 19,388 U/L, con una varianza de 43,658 y una desviación estándar de 6,607 U/L, siendo valores inferiores en relación al preparto.

El rango para GGT en el posparto fue de 18,600 U/L, con un valor mínimo de 10,000 U/L y uno máximo de 28,600 U/L, lo que si se relaciona con los valores de referencia (13,000 U/L-54,000 U/L), se aprecia que el rango mínimo es menor que el valor de referencia inferior, mostrando incluso en la figura 22 que la mayoría de valores se encuentran cercanos al rango mínimo, existiendo incluso como moda el valor de 18,500 U/L, el mismo que se encuentra cercano más al rango de referencia inferior que al superior.



*Figura 22.* Curva de valores de GGT para el posparto

El valor de H (Tabla 12) para GGT en el preparto fue de -0,420, demostrando que no existe alteración del metabolito en ese período, lo que concuerda con el rango de la muestra que se encontraba dentro de los valores de referencia, mientras que en el posparto el valor H fue de -2,136, en donde sí existe una disminución de este metabolito, lo que se relaciona con los valores cercanos al rango mínimo de la muestra e incluso menores al valor de referencia inferior.

En la tabla 20, se aprecia la prueba de t de student para GGT en el preparto y posparto, en donde se aprecia que el *p* valor fue de 0,165, por lo que se acepta la hipótesis nula demostrando que no existe diferencia significativa entre los valores de GGT en el preparto y posparto.

Tabla 20.

*Prueba de t de student para GGT en el período preparto y posparto*

Metabolito	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		T	Sig. GL	Bilateral
				Inferior	Superior			
Par GGT1 - GGT2	8,6750	15,8088	5,5893	-4,5415	21,8915	1,552	7	,165

Nota: GGT1= Valor de GGT en el preparto

GGT2= Valor de GGT en el posparto

GL= Grados de libertad

Los resultados en la prueba de t de student concuerdan con lo mencionado por Joksimović Todorović & Davidović, en el 2012, quienes mencionan que no existe una variación significativa de los niveles de GGT entre el preparto, parto y posparto encontrándose dentro de los límites biológicos.

#### 4.1.9. Proteínas totales

La media para las proteínas totales en el período preparto se muestra en el anexo 7 siendo de 82,425 g/L, esto con una varianza de 41,499 y una desviación estándar de 6,442 g/L, lo cual se refleja en la figura 23, en donde se aprecia que la mayoría de frecuencias se encuentran cercanas a la media, siendo incluso la moda de 80,000 g/L.

El rango para proteínas totales en el período preparto (anexo 7) fue de 18,800 g/L, esto con un valor máximo de 91,700 g/L y uno mínimo de 72,900 g/L, lo cual si se relaciona con los rangos de referencia (59,500 g/L-80,000 g/L) se aprecia que el rango máximo supera al valor referencial superior.

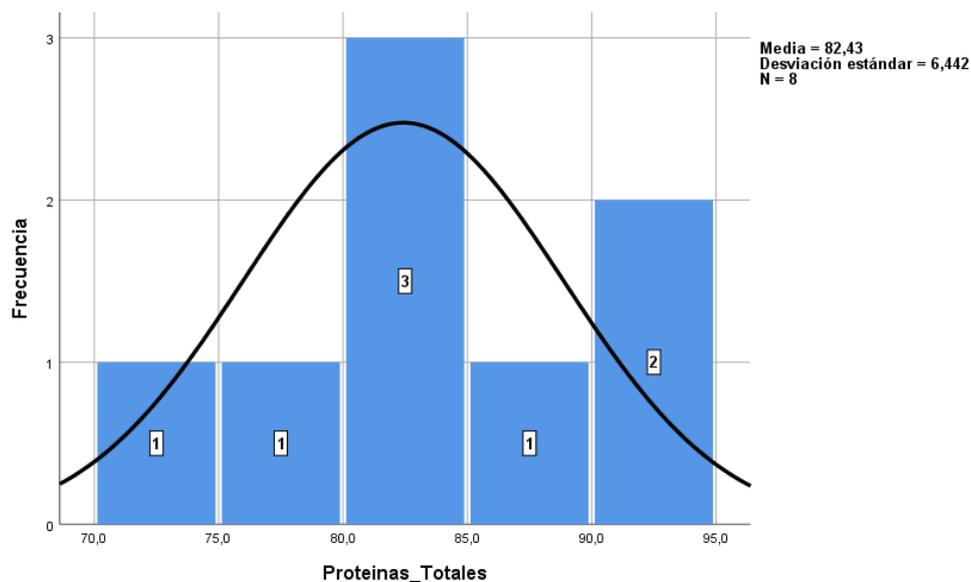


Figura 23. Curva de valores de proteínas totales en el preparto

En el anexo 8 y figura 24, se observa que la media para proteínas totales en el período de posparto fue de 79,988 g/L, esto con una varianza de 139,313 y una desviación estándar de 11,803 g/L.

Se aprecia en la figura 24, que en el posparto existe una media menor en relación al preparto (Figura 23), sin embargo en éste caso existe una frecuencia igual en cada sección de la gráfica, desde la media hasta los extremos, lo que ocasiona que exista una mayor dispersión de datos en relación a la media y por ende una mayor desviación estándar que en el caso del preparto.

El rango para proteínas totales en el período posparto (anexo 8), fue de 34,200 g/L, con un valor mínimo de 61,200 g/L y uno máximo de 95,400 g/L, los cuales al compararse con los rangos de referencia (59,500 g/L-80,000 g/L), se aprecia que el rango máximo supera al valor referencial superior, además en la figura 24 se observa que los rangos presentan la misma frecuencia que los valores cercanos a la media por lo que existe mayor dispersión de datos en relación al preparto, ocasionando que exista más de una moda.

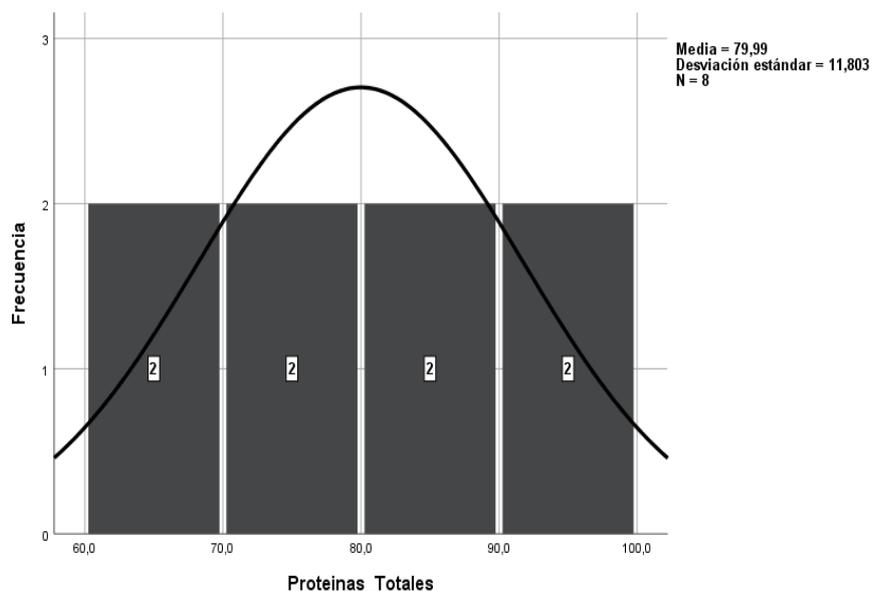


Figura 24. Curva de valores de proteínas totales para el posparto

El valor de H (Tabla 12) para proteínas totales en el preparto fue de 1,968, el cual pese a no ser igual o mayor a 2, por su cercanía ya indicaría una alteración, mostrando un exceso de proteínas totales, mientras que en el posparto el valor de H fue de 0,867, siendo un valor que no muestra alteraciones y concuerda con la disminución de la media de proteínas totales del preparto al posparto.

En la prueba de t de student (Tabla 21) se observa que el *p valor* para proteínas totales entre el preparto y posparto fue de 0,599, siendo un valor superior a 0,05 por lo que se acepta la hipótesis nula demostrando que no existe diferencia significativa entre los valores de proteínas totales del preparto y posparto.

En relación a los resultados obtenidos, un estudio realizado en vacas Holstein para determinar si existe diferencia significativa de ciertos metabolitos incluyendo proteínas totales, de acuerdo al estado reproductivo del animal, confirmó que las proteínas totales tienden a subir en la quinta semana posparto comparado con la gestación avanzada (Piccione et al., 2012); lo que contradice al presente estudio.

La diferencia de resultados obtenidos en comparación con los de Piccione et al. en el 2012, se debe a que los animales del estudio mencionado fueron cinco vacas Holstein sanas mantenidas dentro de condiciones ambientales controladas, libres de parásitos y con alimentación a base de granos, pastura y silo principalmente, mientras que los animales del presente estudio se encontraban en condiciones adversas siendo así que se mantenían a pastoreo, frente a condiciones climáticas naturales y con alimentación a base de pastoreo y balanceado.

Tomando en cuenta las condiciones de los animales del estudio de Piccione et al. y los del presente estudio, es menester considerar que las proteínas totales son la suma de albúmina y globulinas, pudiendo variar estas últimas frente a las condiciones inmunológicas a las que se enfrenta el animal, lo que pudo ocasionar un aumento de las proteínas totales (comprobado con el valor H), el mismo que no disminuyó significativamente en el posparto (determinado mediante t test).

Tabla 21

*Prueba de t de student para proteínas totales en el período preparto y posparto*

Metabolito	Media	Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		T	Sig. GL	Bilateral
				Inferior	Superior			
Par Proteinas_totales1	2,4375	12,5066	4,4217	-8,0182	12,8932	,551	7	,599
8 - Proteinas_totales2								

Nota: proteínas\_totales1= Valor de proteínas totales en el preparto

Proteínas\_totales2= Valor de proteínas totales en el posparto

GL= Grados de libertad

#### 4.1.10. Albúmina

En el anexo 7 se observa que la media de albúmina en el preparto fue de 32,013 g/L, esto con una varianza de 8,467 y una desviación estándar de 2,910 g/L, lo

que se refleja en la figura 25, en donde la mayoría de datos se encuentra cercano a la media, sin embargo existen dos frecuencias en el extremo de la izquierda.

El rango para albúmina en el preparto (anexo 7) fue de 7,500 g/L, con un valor máximo de 35,200 g/L y uno mínimo de 27,800 g/L, lo que comparado con los rangos de referencia (27,700 g/L- 40,400 g/L), se aprecia que el rango mínimo es casi el mismo que el valor de referencia menor, ocasionando que las dos frecuencias que se acercan a este valor se encuentren alejadas de la media (la cual se acerca más al rango máximo) en la figura 25.

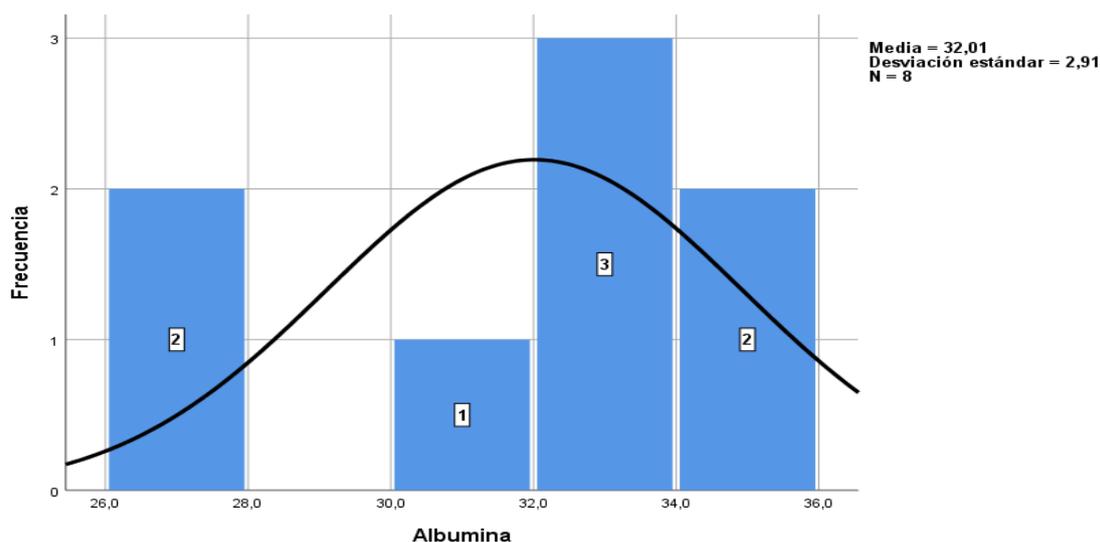


Figura 25. Curva de valores de albúmina para el preparto

La media para albúmina en el posparto (anexo 8) fue de 32,512 g/L, siendo un valor parecido al del preparto, esto con una varianza de 6,127 y una desviación estándar de 2,475 g/L

El rango para albúmina en el posparto (anexo 8) fue de 7,800 g/L, con un valor mínimo de 27,400 g/L y uno máximo de 35,200 g/L, los cuales al comprar con los rangos de referencia (27,700 g/L- 40,400 g/L), el rango inferior es menor que el valor mínimo de referencia, sin embargo, solo una frecuencia ocupa este valor, y como se aprecia en la figura 26, la mayoría de frecuencias se encuentran alrededor de la media y a su derecha.

Tanto para el preparto como posparto en relación a la albúmina existió más de una moda, sin embargo, se observa en la figura 25 y 26 respectivamente, que la mayoría de los datos se encuentra hacia la derecha, pese a un rango mínimo demasiado bajo.

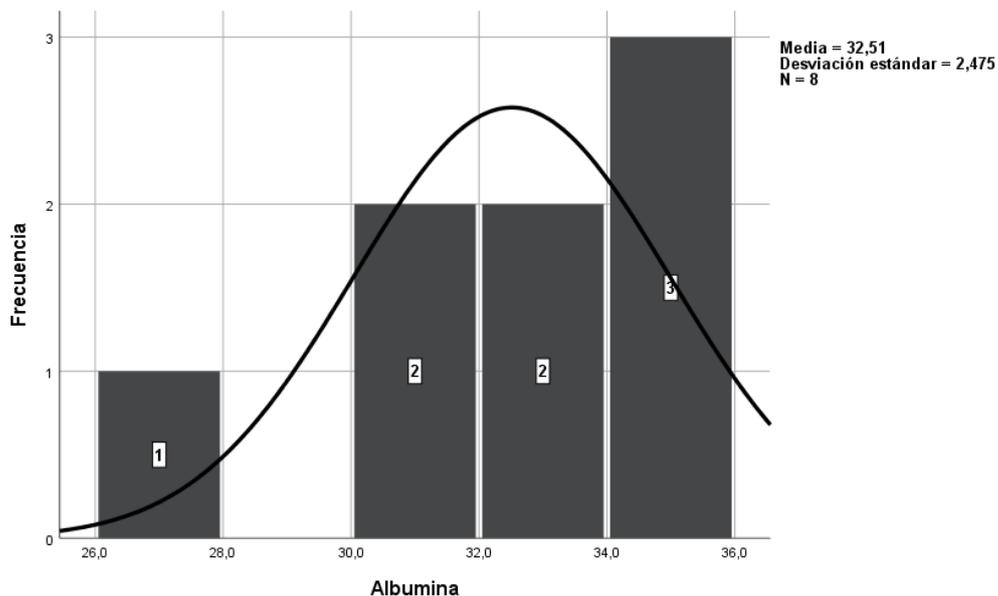


Figura 26. Curva de valores de albúmina para el posparto

El valor de H (tabla 12) para la albúmina en el preparto fue de -0,700, y en el posparto de -0,621, siendo valores similares y que no demuestran ni exceso ni deficiencia, lo que se relaciona con los valores de las medias y rangos para cada período.

En la tabla 22 se aprecia que el *p valor* para la prueba de t de student de la albúmina entre el preparto y posparto fue de 0,752 siendo mayor a 0,05 por lo que se demuestra que no existió diferencia significativa entre los valores de albúmina para el preparto y posparto, aceptando la hipótesis nula.

Con los datos de la prueba de t de student y valor de H se demuestra que en el preparto y posparto la albúmina no presentó alteración.

Concordando con los resultados obtenidos, Piccione et al. en el 2012, demostró que no existe diferencia significativa de los valores de albúmina entre el parto y el posparto, siendo así que no existió ninguna alteración del metabolito dependiendo del estado reproductivo, concluyendo con los mismos resultados que se apreciaron en el presente documento.

Tabla 22

*Prueba de t de student para albúmina en el período parto y posparto*

Metabolito	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		T	GL	Sig. Bilateral
				Inferior	Superior			
Par Albumina1 - 10 Albumina2	-,5000	4,2935	1,5180	-4,0895	3,0895	-,329	7	,752

Nota: Albumina1= Valor de albúmina en el parto

Albumina2= Valor de albúmina en el posparto

GL= Grados de libertad

#### 4.1.11. Hemoglobina

La media de hemoglobina para el parto se muestra en el anexo 7, siendo de 101,788 g/L, esto con una varianza de 110,264 y una desviación estándar de 10,501 g/L, mostrando una dispersión en relación a la media, la misma que se aprecia en la figura 27 y que se relaciona con la amplitud que existe en rangos de referencia (70,000 g/L a 200,000 g/L).

El rango para hemoglobina en el parto (anexo 7) fue de 33,440 g/L, con un valor mínimo de 80,270 g/L y uno máximo de 113,710 g/L, los mismos que al relacionar con los valores de referencia (70,000 g/L a 200,000 g/L), se mantienen dentro de estos, existiendo para el período más de una moda, las cuales se encuentran cercanas a la media.

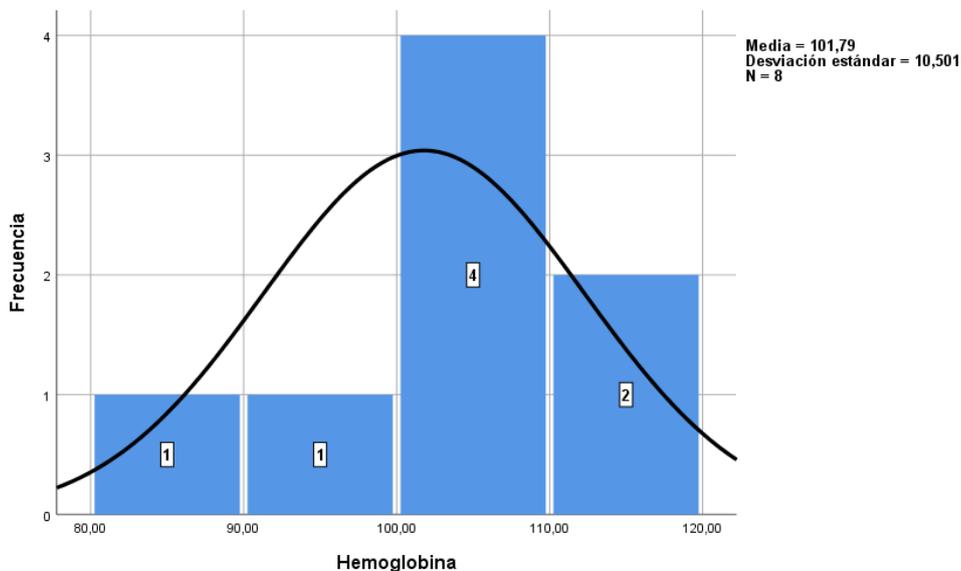


Figura 27. Curva de valores para hemoglobina en el parto

En el anexo 8, se aprecia que la media para la hemoglobina en el posparto fue de 100,748 g/L, esto con una varianza de 116,482 y una desviación estándar de 10,793 g/L, valores que, como se observa en la figura 28, demuestran que la mayoría de los datos se encuentran en relación a la media, existiendo poca dispersión.

El rango para la hemoglobina en el posparto (anexo 8) fue de 36,790 g/L, con un valor máximo de 123,750 g/L y uno mínimo de 86,960 g/L los cuales al compararlos con los valores de referencia (70,000 g/L a 200,000 g/L), al igual que en caso del parto se encuentran dentro de los mismos.

En la figura 28, se aprecia que la mayoría de las frecuencias se encuentran en relación a la media, siendo incluso la moda para este período 98,645 g/L, el cual difiere por apenas 2,110 g/L de la media.

El valor de H (tabla 12) para el parto fue de -3,163, mientras que para el posparto fue de -3,174, demostrando en ambos períodos que existe una deficiencia de hemoglobina, lo que se relaciona con la media, la cual se acerca

más al valor de referencia y rango mínimo, alejándose del valor de referencia máximo.

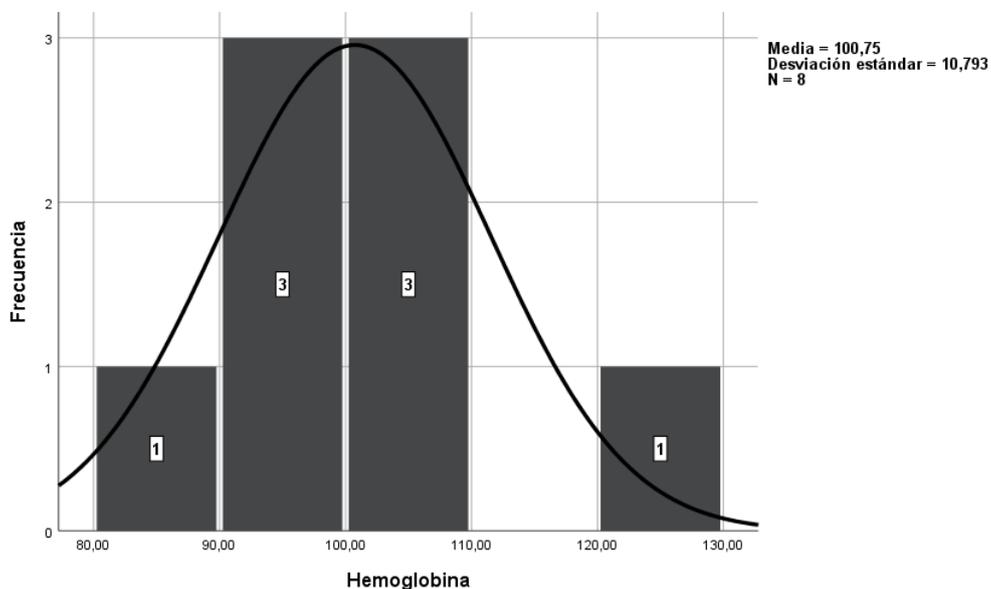


Figura 28. Curva de valores de hemoglobina para el posparto

En la tabla 23 se observa la prueba de t de student para hemoglobina en el preparto y posparto, determinando un *p* valor de 0,829, siendo mayor a 0,05, aceptando la hipótesis nula, al no existir diferencia significativa en el valor de hemoglobina entre el preparto y posparto, relacionándose con el valor de H el cual demuestra que existe una deficiencia del metabolito en ambos períodos.

Tabla 23

*Prueba de t de student para albúmina en el período preparto y posparto*

Metabolito	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		T	Sig. GL	Sig. Bilateral
				Inferior	Superior			
Par Hemoglobina1 - 11 Hemoglobina2	1,04000	13,08473	4,62615	-9,89910	11,97910	,225	7	,829

Nota: Albumina1= Valor de albúmina en el preparto

Albumina2= Valor de albúmina en el posparto

GL= Grados de libertad

En relación a los resultados obtenidos, un estudio realizado en vacas cruzadas durante el parto, demostró que no existe diferencia significativa entre los valores de hemoglobina durante dicho periodo, concordando con los datos obtenidos en el presente estudio (Meherei, Nagvekar, Ingolp, Krishi, & Dapoli, 2002).

#### 4.1.12. $\beta$ -hidroxibutirato

En el anexo 7 se aprecia que la media para  $\beta$ -hidroxibutirato en el parto fue de 0,525 mmol/L, con una varianza de 0,011 y una desviación estándar de 0,104, valores que como se aprecia en la figura 29, reflejan poca dispersión de los datos con respecto a la media.

El rango para  $\beta$ -hidroxibutirato en el parto fue de 0,300 mmol/L, con un valor máximo de 0,700 mmol/L y uno mínimo de 0,400 mmol/L, los cuales al comparar con el rango de referencia (0,350 mmol/L-0,800 mmol/L), se encuentran dentro del mismo, manteniendo una moda de 0,500, valor cercano a la media tal como se aprecia en la figura 29.

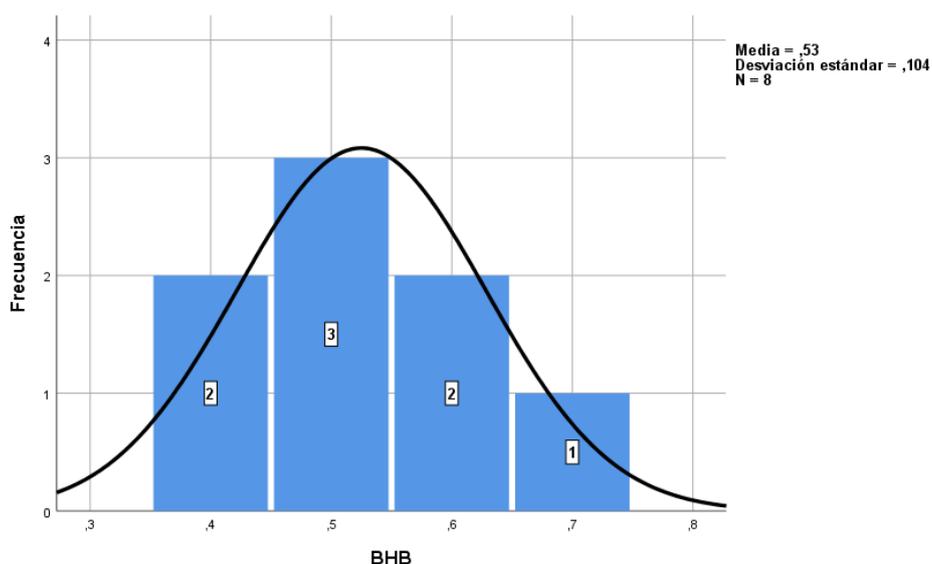


Figura 29. Curva de valores para  $\beta$ -hidroxibutirato en el parto

En el anexo 8, se aprecia que la media para  $\beta$ -hidroxibutirato en el posparto fue de 1,175 mmol/L, esto con una varianza de 0,031 y una desviación estándar de 0,175 mmol/L, mostrando valores que como se visualiza en la figura 30 presentan baja dispersión en relación a la media.

El rango para  $\beta$ -hidroxibutirato en el posparto (anexo 8) fue de 0,600 mmol/L, con un valor mínimo de 0,900 mmol/L y uno máximo de 1,500 mmol/L, datos que si se comparan con los rangos de referencia (0,350 mmol/L-0,800 mmol/L), se encuentran superiores al valor de referencia máximo.

La moda para  $\beta$ -hidroxibutirato en el posparto fue de 1,100 mmol/L, valor que se aprecia en la figura 30, cercano a la media, con la mayor frecuencia y que es superior al rango de referencia máximo para este metabolito.

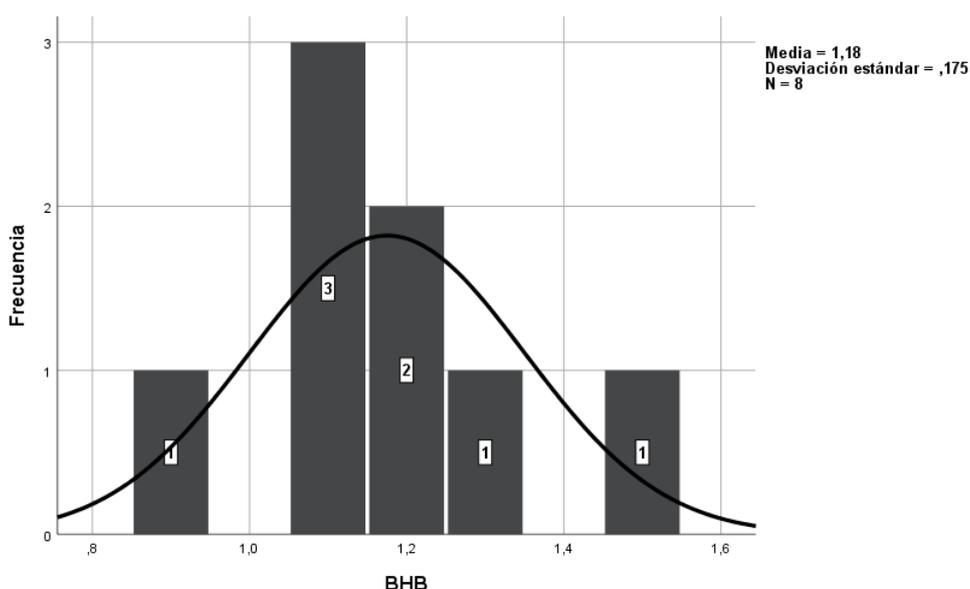


Figura 30. Curva de valore de  $\beta$ -hidroxibutirato en el posparto

El valor de H para  $\beta$ -hidroxibutirato (Tabla 12) en el preparto fue de -0,671, mostrando que no existe alteraciones, mientras que en el posparto fue de 2,900 en donde se demuestra un exceso de este cuerpo cetónico, resultando en cetosis posparto.

En la tabla 24 se aprecia que en la prueba de t de student para  $\beta$ -hidroxibutirato en el parto y posparto, el *p* valor fue de 0,000, siendo así que se rechaza la hipótesis nula al ser menor a 0,05 y se comprueba que existe diferencia significativa entre los valores de  $\beta$ -hidroxibutirato del parto frente al posparto, tal y como se observa en el valor H, en donde los animales no presentaron cetosis en el parto, pero sí en el posparto.

Tabla 24

*Prueba de t de student para  $\beta$ -hidroxibutirato en el período parto y posparto*

Metabolito	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		T	GL	Sig. Bilateral
				Inferior	Superior			
Par BHB1 - BHB2	-,6500	,2204	,0779	-,8343	-,4657	-	7	,000
						8,342		

Nota: BHB1= Valor de  $\beta$ -hidroxibutirato en el parto

BHB2= Valor de  $\beta$ -hidroxibutirato en el posparto

GL= Grados de libertad

Baldacim et al. señala en el 2018, que los niveles de  $\beta$ -hidroxibutirato aumentan de la semana 2 antes del parto a la primera semana postparto, pero no existió una diferencia significativa entre el cambio de niveles de  $\beta$ -hidroxibutirato del parto al posparto, mientras que Piccione et al. en el 2012, menciona que los niveles de  $\beta$ -hidroxibutirato más elevados se presentaron en la última etapa de la lactancia y período seco en comparación con el posparto, contradiciendo en ambos casos los resultados del presente estudio, tanto en la prueba de t de student como en el valor de H.

La variación de resultados obtenida en comparación con otros autores se debe en gran parte a la sobreexigencia de los animales de la Hacienda Miraflores Bajo #4, los cuales se encuentran a pastoreo, consumen poca cantidad de balanceado (4 kg diarios), son de alta producción y se requiere mayor energía para producir leche en la altura, caso que no sucedió con los animales de los

estudios de Piccione y de Baldacim, los cuales se encontraban con alimentación balanceada y condiciones ambientales controladas.

#### **4.2. Diagnóstico del hato**

Con el análisis realizado de los resultados de cada metabolito (4.1), se puede llegar a establecer una línea base del estado de los animales de alta producción en el predio, tanto para el período preparto y posparto.

En relación a la vía energética, se aprecia que existe una deficiencia de glucosa y triglicéridos en el preparto, mientras que en el posparto se observa cetosis en todos los animales, con un deficiencia de triglicéridos y en caso de la glucosa, el valor de H no se vio alterado, pero esto fue debido a la metritis del animal de nombre Mi-mozuca como ya se explicó (4.1.1.), sin embargo, existe una deficiencia notable de este metabolito.

Los niveles bajos de glucosa se relacionan directamente con la falta de energía y proceso de cetosis en el que entraron los animales, siendo notable debido a que niveles elevados de  $\beta$ -hidroxibutirato inhibe la gluconeogénesis (Zarrin, Wellnitz, van Dorland, Gross, & Bruckmaier, 2014).

La menor deficiencia de triglicéridos en el posparto en relación al preparto que se obtuvo en el estudio, se debe a que el bovino tiene una capacidad limitada para transformar los triglicéridos con colesterol de muy baja densidad, siendo así que en el posparto existe más movilización grasa y por ende aumento de los triglicéridos circulantes (Sejersen, Sørensen, Larsen, Bendixen, & Ingvarsen, 2012).

En la vía proteínica se aprecia que la albúmina que es el indicador de una deficiencia más crónica no se vio afectado, sin embargo, la hemoglobina que es un indicador más agudo mostró en el valor de H deficiencia en ambos periodos, lo que concuerda con la disminución de creatinina significativamente en el

posparto, indicando una mayor movilización proteínica del músculo para la producción de energía en el balance energético negativo (Aeberhard, Bruckmaier, & Blum, 2001).

Las proteínas totales se vieron elevadas en el preparto, pese a que Puppel & Kuczyńska en el 2018 mencionan que estas deben disminuir en este período, además la albúmina no mostró alteración, lo que puede deberse a un aumento de globulinas por los desafíos inmunológicos en los que se encuentran los animales.

En el perfil hepático, se aprecia que la ALT, AST y GGT presentaron valores de H significativos y negativos lo que concuerda con Puppel & Kuczyńska en el 2016, quienes mencionan que el valor de ALT tiende a bajar en los últimos meses de gestación y llegar al nivel más bajo en la primera semana de lactancia, mientras que GGT es irregular durante la preñez y lactancia temprana.

En el t test se aprecia que AST subió significativamente en el posparto frente a los niveles del preparto, lo que concuerda con Puppel & Kuczyńska en el 2016, quienes mencionan que la AST tiende a subir por los cambios metabólicos en el posparto.

### **4.3. Limitantes**

La principal limitante para el desarrollo del presente estudio fue el tema de los elevados costos del perfil metabólico en bovinos, siendo así que sólo se pudo trabajar con pocos metabolitos, sin incluir otros que se puedan considerar de importancia como la fructosamina, el cual es un indicador de la vía energética.

Por los elevados costos del perfil metabólico, además de discriminarse ciertos metabolitos, solamente se pudo realizar el estudio en dos tiempos, mas no se pudo realizar un seguimiento del comportamiento de cada metabolito en un tiempo más prolongado y con más mediciones.

Otra limitante fue el hecho de que los rangos de referencia para el perfil metabólico son variados, por lo que varios autores difieren respecto a los valores límites de cada metabolito, complicando el análisis de los resultados.

Debido al corto tiempo de investigación no se pudo realizar una evaluación reproductiva de los animales para determinar el efecto de los metabolitos en la concepción, prevalencia de enfermedades reproductivas entre otras.

La fórmula del valor de H ha sido de poco uso, por lo que no es de fácil alcance o existen variaciones sobre su cálculo, siendo así que para el presente estudio se utilizó la desviación estándar de la muestra como denominador para el cálculo del valor de H, sin embargo, Wittwer en el 2015 publicó el cálculo con la desviación estándar de los rangos de referencia, cálculo que para el medio de la presente investigación no es posible debido a que no existen estudios de los rangos de referencia y no es posible obtener una desviación estándar con dos valores (rango referencial máximo y mínimo).

## Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones

### 5.1. Conclusiones

Con respecto al diagnóstico base del predio, en la vía energética, se concluye que existe una deficiencia de energía, presentando los animales un balance energético negativo pronunciado en el posparto, el mismo que se demuestra con la cetosis presente en todos los animales de alta producción en el período de posparto, esto que se acompaña con valores de triglicéridos y glucosa disminuidos.

En la vía proteínica se aprecia que en los animales de alta producción existe una movilización de los metabolitos de esta vía para solventar el balance energético negativo pronunciado, manifestándose el consumo de proteína endógena con una disminución de los valores de creatinina y proteínas totales del preparto al posparto, además de presentar una deficiencia aguda de proteína, la misma que se ve expresada en un valor H negativo en hemoglobina, mas no en albúmina.

En la vía enzimática, se concluye que tanto ALT, AST y GGT mantienen valores disminuidos en el periodo de transición, sin embargo, AST tiende a subir del preparto al posparto demostrando un esfuerzo metabólico relacionado al balance energético negativo en los bovinos de alta producción en la Hacienda Miraflores Bajo #4.

Finalmente, de los doce metabolitos analizados en el presente trabajo, solo tres cambiaron de manera significativa del preparto al posparto, siendo así que por un lado la creatinina disminuyó, mientras que la AST y el  $\beta$ -hidroxibutirato aumentaron, esto como efecto directo del balance energético negativo presente en el predio.

### 5.2. Recomendaciones

Se recomienda al predio proveer a los animales de alta producción fuentes energéticas adicionales a la dieta como es el maíz durante el primer tercio de lactancia, siempre calculando la ración adecuada en base a balance de dietas utilizando análisis bromatológicos, para así asegurar el consumo energético exacto en cada animal.

Se debe proveer a los animales de alta producción fuentes de energía inmediatas como el propilenglicol, durante el período de transición, esto para solventar el balance energético negativo o prevenir que éste sea más marcado y así disminuir la prevalencia de desórdenes metabólicos, reproductivos y hepáticos.

El predio debe realizar un parto diferente en los animales de alta producción, al cual se realice seguimiento constante de  $\beta$ -hidroxibutirato, condición corporal y estado de salud de los animales, al mismo que se le debe suplementar con protectores hepáticos como es el complejo B, por el esfuerzo metabólico que realizan estos animales en el período posparto y durante la lactancia.

Se recomienda para futuras investigaciones realizar la medición de fructosamina para analizar de manera más exhaustiva la vía energética, al igual que medir la enzima glutatión peroxidasa para complementar el estudio del esfuerzo y estado hepático.

De igual manera, se sugiere realizar el mismo estudio en animales de baja y media producción y comparar los resultados con los animales de alta producción, para así establecer las vías metabólicas que se ven afectadas en los diferentes grupos y establecer cambios de manejo en los animales.

Se recomienda estudiar la vía mineral y el estado inmunológico en los animales con el fin de determinar si existen afecciones en éstas y si su estado varía de acuerdo al período parto o posparto.

Se recomienda determinar el estado de las vías metabólicas de los bovinos de la Hacienda Miraflores Bajo #4 en diferentes estados fisiológicos (tercios de lactancia y período seco), en época de verano e invierno para tener información completa y establecer mejoras más exactas.

Finalmente, se recomienda realizar un estudio sobre los rangos de referencia para el perfil metabólico en bovinos del Ecuador, analizando la fórmula del valor de H para poder estandarizarla y permitir su difusión.

## REFERENCIAS

- Aeberhard, K., Bruckmaier, R. M., & Blum, J. W. (2001). Metabolic, Enzymatic and Endocrine Status in High-Yielding Dairy Cows - Part 2. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 48(2), 111–127. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0442.2001.00294.x>
- Albornoz, J., Morales, M., & Fidalgo, L. (2016). Bovine Puerperal hypocalcemia. Review. *Veterinaria (Montevideo)*, 52(201), 4–4. Retrieved from [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1688-48092016000100004](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-48092016000100004)
- Ametaj, B. N. (2017). *Periparturient diseases of dairy cows: a systems biology approach*. Retrieved from [https://books.google.co.nz/books?id=aDxEDwAAQBAJ&pg=PA140&dq=mastitis+in+dairy+cattle+classification&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiWxqLhwqvhAhXljuYKHyrCAtsQ6AEIRzAF#v=onepage&q=mastitis in dairy cattle classification&f=false](https://books.google.co.nz/books?id=aDxEDwAAQBAJ&pg=PA140&dq=mastitis+in+dairy+cattle+classification&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiWxqLhwqvhAhXljuYKHyrCAtsQ6AEIRzAF#v=onepage&q=mastitis%20in%20dairy%20cattle%20classification&f=false)
- Arfuso, F., Fazio, F., Levanti, M., Rizzo, M., Di Pietro, S., Giudice, E., & Piccione, G. (2016). Lipid and lipoprotein profile changes in dairy cows in response to late pregnancy and the early postpartum period. *Arch. Anim. Breed*, 59, 429–434. <https://doi.org/10.5194/aab-59-429-2016>
- Baldacim, V. A. P., Madureira, K. M., Ramos, J. S., Costa e Silva, C. P., Mori, C. S., Dias, M. R. B., & Gomes, V. (2018). Dynamic of Metabolic Indicators, Insulin Like-growth Factor I (IGF-I) and Cortisol in Holstein Cows during the Transition Period. *Acta Scientiae Veterinariae*, 46(1), 8. <https://doi.org/10.22456/1679-9216.86674>
- Benedet, A., Manuelian, C. L., Zidi, A., Penasa, M., & De Marchi, M. (2019). Invited review:  $\beta$ -hydroxybutyrate concentration in blood and milk and its associations with cow performance. *Animal*, 1–14. <https://doi.org/10.1017/S175173111900034X>
- Bicalho, M. L. S., Marques, E. C., Gilbert, R. O., & Bicalho, R. C. (2017). The

- association of plasma glucose, BHBA, and NEFA with postpartum uterine diseases, fertility, and milk production of Holstein dairy cows. *Theriogenology*, *88*, 270–282. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.09.036>
- Cattaneo, L., Baudracco, J., Lazzarini, B., Ortega, H., & Brasileira de Zootecnia, R. (2015). Short Communication Methodology to estimate the cost of delayed pregnancy for dairy cows. An example for Argentina, *44*(6), 226–229. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902015000600005>
- Cavestany, D., Blanc, J. E., Kulcsar, M., Uriarte, G., Chilbroste, P., Meikle, A., ... Krall, E. (2005). Studies of the Transition Cow Under a Pasture-based Milk Production System: Metabolic Profiles. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, *52*(1), 1–7. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.2004.00679.x>
- Ceciliani, F., Lecchi, C., Urh, C., & Sauerwein, H. (2018). Proteomics and metabolomics characterizing the pathophysiology of adaptive reactions to the metabolic challenges during the transition from late pregnancy to early lactation in dairy cows. *Journal of Proteomics*, *178*, 92–106. <https://doi.org/10.1016/J.JPROT.2017.10.010>
- Cozzi, G., Ravarotto, L., Gottardo, F., Stefani, A. L., Contiero, B., Moro, L., ... Dalvit, P. (2011). Short communication: Reference values for blood parameters in Holstein dairy cows: Effects of parity, stage of lactation, and season of production. *Journal of Dairy Science*, *94*(8), 3895–3901. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3687>
- Crociati, M., Sylla, L., Floridi, C., Comin, A., Fruganti, G., Monaci, M., & Stradaioli, G. (2017). Influence of lipoproteins at dry-off on metabolism of dairy cows during transition period and on postpartum reproductive outcomes. *Theriogenology*, *94*, 31–36. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.02.007>
- Duffield, T. F., & Leblanc, S. J. (2009). Interpretation of Serum Metabolic Parameters Around the Transition Period. In *Southwest Nutrition and Management Conference* (pp. 106–114). Retrieved from <http://www.dairyweb.ca/Resources/SWNMC2009/Duffield.pdf>
- Elise H., T. (2016). A Multi-faceted Approach to the Exploration of Ketosis in Dairy

- Cattle: Detection, Treatment & Risk Factors. Retrieved from <https://atrium.lib.uoguelph.ca/xmlui/handle/10214/9765>
- Esposito, G., Irons, P. C., Webb, E. C., & Chapwanya, A. (2014). Interactions between negative energy balance, metabolic diseases, uterine health and immune response in transition dairy cows. *Animal Reproduction Science*, *144*(3–4), 60–71. <https://doi.org/10.1016/J.ANIREPROSCI.2013.11.007>
- Garverick, H. A., Harris, M. N., Vogel-Bluel, R., Sampson, J. D., Bader, J., Lamberson, W. R., ... Youngquist, R. S. (2013). Concentrations of nonesterified fatty acids and glucose in blood of periparturient dairy cows are indicative of pregnancy success at first insemination. *Journal of Dairy Science*, *96*(1), 181–188. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5619>
- González, F. H. D., & Scheffer, J. F. S. (2003). *PERFIL SANGÜÍNEO: FERRAMENTA DE ANÁLISE CLÍNICA, METABÓLICA E NUTRICIONAL*. Brasil. Retrieved from <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13177/000386508.pdf>
- GOOGLE MAPS. (2018). Ubicación Hacienda Miraflores Bajo #\$. Retrieved November 18, 2018, from <https://www.google.com.ec/maps/@-0.4245122,-78.563134,189m/data=!3m1!1e3>
- Hernandez, L. L. (2017). 060 New insights into calcium intake in transition dairy cattle. *Journal of Animal Science*, *95*(suppl\_2), 28–28. <https://doi.org/10.2527/asasmw.2017.060>
- Hoff, B. (2015). *Nutritional and metabolic profile testing of dairy cows*. Retrieved from [https://www.uoguelph.ca/ahl/sites/uoguelph.ca.ahl/files/LabNote04BovineProfile\\_May\\_2018\\_0.pdf](https://www.uoguelph.ca/ahl/sites/uoguelph.ca.ahl/files/LabNote04BovineProfile_May_2018_0.pdf)
- Jeong, J. K., Choi, I. S., Kang, H. G., Hur, T. Y., Jung, Y. H., & Kim, I. H. (2015). Relationship between serum metabolites, body condition, peri- and postpartum health and resumption of postpartum cyclicity in dairy cows. *Livestock Science*, *181*, 31–37. <https://doi.org/10.1016/J.LIVSCI.2015.09.022>
- Joksimović Todorović, M., & Davidović, V. (2012). Changes in white blood pictures and some biochemical parameters of dairy cows in peripartum period and early lactation. *Mljekarstvo: Časopis Za Unapređenje*

- Proizvodnje i Prerade Mlijeka*, 62(2), 151–158. Retrieved from [https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=124083](https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=124083)
- Kayano, M., & Kida, K. (2015). Identifying alterations in metabolic profiles of dairy cows over the past two decades in Japan using principal component analysis. *Journal of Dairy Science*, 98(12), 8764–8774. <https://doi.org/10.3168/JDS.2015-9791>
- Khalphallah, A., Aamer, A. A., Abdelall, T., Elmeligy, E., Oikawa, S., & Nakada, & K. (2018). CHANGES IN CLINICAL AND BLOOD LIPID METABOLISM PARAMETERS IN HOLSTEIN DAIRY CATTLE DURING THE TRANSITION PERIOD. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 21(4), 420–428. <https://doi.org/10.15547/bjvm.1080>
- KIDA, K. (2002). The Metabolic Profile Test: Its Practicability in Assessing Feeding Management and Periparturient Diseases in High Yielding Commercial Dairy Herds. *Journal of Veterinary Medical Science*, 64(7), 557–563. <https://doi.org/10.1292/jvms.64.557>
- Lager, K., & Jordan, E. (2012). *The Metabolic Profile for the Modern Transition Dairy Cow*. Dallas. Retrieved from [https://www.txanc.org/docs/2\\_Lager\\_The-Metabolic-Profile-for-the-Modern-Transition-Dairy-Cow\\_2012-MSRNC\\_FINAL.pdf](https://www.txanc.org/docs/2_Lager_The-Metabolic-Profile-for-the-Modern-Transition-Dairy-Cow_2012-MSRNC_FINAL.pdf)
- Liboreiro, D. N., Machado, K. S., Silva, P. R. B., Maturana, M. M., Nishimura, T. K., Brandão, A. P., ... Chebel, R. C. (2015). Characterization of peripartum rumination and activity of cows diagnosed with metabolic and uterine diseases. *Journal of Dairy Science*, 98(10), 6812–6827. <https://doi.org/10.3168/JDS.2014-8947>
- Madreseh-Ghahfarokhi, S., Dehghani-Samani, A., & Dehghani-Samani, & A. (2018). Review BLOOD METABOLIC PROFILE TESTS AT DAIRY CATTLE FARMS AS USEFUL TOOLS FOR ANIMAL HEALTH MANAGEMENT. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*. <https://doi.org/10.15547/bjvm.2161>
- Meherei, Y. S., Nagvekar, A. S., Ingolp, S. D., Krishi, K., & Dapoli, V. (2002). *Haematological and trace element profile during peripartum period in crossbred cows*. *Indian Journal of Animal Sciences* (Vol. 72). Retrieved from

[https://www.researchgate.net/profile/Shailesh\\_Ingoles/publication/281968431\\_Haematological\\_and\\_Trace\\_Elements\\_Profile\\_during\\_Peripartum\\_Period\\_in\\_crossbred\\_Cows/links/5bceea114585152b144edfa5/Haematological-and-Trace-Elements-Profile-during-Peripartum-Peri](https://www.researchgate.net/profile/Shailesh_Ingoles/publication/281968431_Haematological_and_Trace_Elements_Profile_during_Peripartum_Period_in_crossbred_Cows/links/5bceea114585152b144edfa5/Haematological-and-Trace-Elements-Profile-during-Peripartum-Peri)

- Moretti, P., Paltrinieri, S., Trevisi, E., Probo, M., Ferrari, A., Minuti, A., & Giordano, A. (2017). Reference intervals for hematological and biochemical parameters, acute phase proteins and markers of oxidation in Holstein dairy cows around 3 and 30 days after calving. *Research in Veterinary Science*, *114*, 322–331. <https://doi.org/10.1016/J.RVSC.2017.06.012>
- Oetzel, G. R. (2007). *AMERICAN ASSOCIATION OF BOVINE PRACTITIONERS Herd-Level Ketosis-Diagnosis and Risk Factors. 40 th Annual Conference*. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.179.3045&rep=rep1&type=pdf>
- Oquendo, J., Londoño, L., & Pérez, V. (2013). El perfil metabólico como herramienta de monitoreo de la salud, la producción y la fertilidad en el hato lechero del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid\*. *Revista Lasallista de Investigación*, *10*(1), 38–50. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rlsi/v10n1/v10n1a05.pdf>
- Overton, T. R., McArt, J. A. A., & Nydam, D. V. (2017). A 100-Year Review: Metabolic health indicators and management of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, *100*(12), 10398–10417. <https://doi.org/10.3168/JDS.2017-13054>
- Piccione, G., Messina, V., Marafioti, S., Casella, S., Giannetto, C., & Fazio, F. (2012). Changes of some haematochemical parameters in dairy cows during late gestation, post partum, lactation and dry periods. *Veterinarija Ir Zootechnika*, *58*(80), 59–64. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/e7e3/eee044f15d74ea5a1d763a423e2a04bf28f0.pdf>
- Piñeiro, J. M., Menichetti, B. T., Barragan, A. A., Relling, A. E., Weiss, W. P., Bas, S., & Schuenemann, G. M. (2019). Associations of pre- and postpartum lying time with metabolic, inflammation, and health status of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *102*(4), 3348–3361.

- <https://doi.org/10.3168/JDS.2018-15386>
- Probo, M., Pascottini, O. B., LeBlanc, S., Opsomer, G., & Hostens, M. (2018). Association between metabolic diseases and the culling risk of high-yielding dairy cows in a transition management facility using survival and decision tree analysis. *Journal of Dairy Science*, *101*(10), 9419–9429. <https://doi.org/10.3168/JDS.2018-14422>
- Puppel, K., & Kuczyńska, B. (2016). Metabolic profiles of cow's blood; a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *96*(13), 4321–4328. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7779>
- Rafia, S., Taghipour-Bazargani, T., Asadi, F., Vajhi, A., & Bokaie, S. (2012). Evaluation of the correlation between serum biochemical values and liver ultrasonographic indices in periparturient cows with different body condition scores. *American Journal of Veterinary Research*, *73*(6), 830–837. <https://doi.org/10.2460/ajvr.73.6.830>
- Raheja, N., Ojha, L., Arya, A., Grewal, S., Sharma, N., & Sonika Grewal, C. (2018). Nutritional and dry period length modifications during dry period management in dairy cow: A review Article in JOURNAL OF ENTOMOLOGY AND ZOOLOGY STUDIES · August 2018 CITATIONS 0 Krishisewa magazine View project Mineral Nutrition View project Nutritional and dry period length modifications during dry period management in dairy cow: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, *6*(4). Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/326827142>
- Risco, C. A., & Melendez Retamal, P. (2011). *Dairy production medicine*. Wiley-Blackwell, a John Wiley & Sons, Inc., Publication. Retrieved from [https://books.google.co.nz/books?id=L3rna3b97cC&pg=PT37&dq=prepartum+metabolism+and+changes+in+cattle+dairy+review+Physiological+changes&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwigjIGW\\_ajhAhUUWCsKHQldBf0Q6AEIKTAA#v=onepage&q=prepartum metabolism and changes in cattle dairy review Physiological changes&f=false](https://books.google.co.nz/books?id=L3rna3b97cC&pg=PT37&dq=prepartum+metabolism+and+changes+in+cattle+dairy+review+Physiological+changes&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwigjIGW_ajhAhUUWCsKHQldBf0Q6AEIKTAA#v=onepage&q=prepartum%20metabolism%20and%20changes%20in%20cattle%20dairy%20review%20Physiological%20changes&f=false)
- Rodriguez-Jimenez, S., Haerr, K. J., Trevisi, E., Loor, J. J., Cardoso, F. C., & Osorio, J. S. (2018). Prepartal standing behavior as a parameter for early

- detection of postpartal subclinical ketosis associated with inflammation and liver function biomarkers in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *101*(9), 8224–8235. <https://doi.org/10.3168/JDS.2017-14254>
- Ruiz, R., Tedeschi, L. O., & Sepúlveda, A. (2017). Investigation of the effect of pegbovigrastim on some periparturient immune disorders and performance in Mexican dairy herds. *Journal of Dairy Science*, *100*(4), 3305–3317. <https://doi.org/10.3168/JDS.2016-12003>
- Rutherford, A. J., Oikonomou, G., & Smith, R. F. (2016). The effect of subclinical ketosis on activity at estrus and reproductive performance in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, *99*(6), 4808–4815. <https://doi.org/10.3168/JDS.2015-10154>
- Saborío-Montero, A., Vargas-Leitón, B., Romero-Zúñiga, J. J., & Sánchez, J. M. (2017). Risk factors associated with milk fever occurrence in grazing dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, *100*(12), 9715–9722. <https://doi.org/10.3168/JDS.2017-13065>
- Sejersen, H., Sørensen, M. T., Larsen, T., Bendixen, E., & Ingvarsen, K. L. (2012). Liver protein expression in dairy cows with high liver triglycerides in early lactation. *Journal of Dairy Science*, *95*(5), 2409–2421. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4604>
- Sheldon, I. M., & Owens, S.-E. (2017). Postpartum uterine infection and endometritis in dairy cattle Ovarian health and immunity View project The postpartum period and uterine disease View project. *European Embryo Transfer Association (AETE)*, *33th*. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR1006>
- Soliva, C. R., Amelchanka, S. L., & Kreuzer, M. (2015). The requirements for rumen-degradable protein per unit of fermentable organic matter differ between fibrous feed sources. *Frontiers in Microbiology*, *6*, 715. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00715>
- Sundrum, A. (2015). Metabolic Disorders in the Transition Period Indicate that the Dairy Cows' Ability to Adapt is Overstressed. *Animals*, *5*(4), 978–1020. <https://doi.org/10.3390/ani5040395>
- Van Saun, R. (2006). *Metabolic Profiles for Evaluation of the Transition Period*.

- Proc. Am. Assoc. Bov. Pract.* (Vol. 39). Pensilvania.
- Van Saun, R. J. (2016). Indikatoren für Risiken bei Kühen in der Transitphase – eine Übersicht zu metabolischen Profilen. *Tierärztliche Praxis Ausgabe G: Großtiere / Nutztiere*, 44(02), 118–126. <https://doi.org/10.15653/TPG-150947>
- Wankhade, P. R., Manimaran, A., Kumaresan, A., Jeyakumar, S., Ramesha, K. P., Sejian, V., ... Varghese, M. R. (2017). Metabolic and immunological changes in transition dairy cows: A review. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017>
- Whitaker, D. A., Goodger, W. J., Garcia, M., Perera, B. M., & Wittwer, F. (1999). Use of metabolic profiles in dairy cattle in tropical and subtropical countries on smallholder dairy farms. *Preventive Veterinary Medicine*, 38(2–3), 119–131. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10081792>
- Wittwer, F. (2015). Marcadores bioquímicos sanguíneos en el diagnóstico y control de trastornos metabólicos en vacas lecheras. *Simpósio Nacional Da Vaca Leiteira*, 34–62. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/286778844\\_Marcadores\\_bioquimicos\\_sanguineos\\_en\\_el\\_diagnostico\\_y\\_control\\_de\\_trastornos\\_metabolicos\\_en\\_vacas\\_lecheras](https://www.researchgate.net/publication/286778844_Marcadores_bioquimicos_sanguineos_en_el_diagnostico_y_control_de_trastornos_metabolicos_en_vacas_lecheras)
- Zarrin, M., Grossen-Rösti, L., Bruckmaier, R. M., & Gross, J. J. (2017). Elevation of blood  $\beta$ -hydroxybutyrate concentration affects glucose metabolism in dairy cows before and after parturition. *Journal of Dairy Science*, 100(3), 2323–2333. <https://doi.org/10.3168/JDS.2016-11714>
- Zarrin, M., Wellnitz, O., van Dorland, H. A., Gross, J. J., & Bruckmaier, R. M. (2014). Hyperketonemia during lipopolysaccharide-induced mastitis affects systemic and local intramammary metabolism in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(6), 3531–3541. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7480>

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Tabla de operacionalización de variables del estudio

<b>Variab</b> les	<b>Tipo de variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Ítem</b>	<b>Instrumento</b>
Categoría	Cualitativa nominal Independiente	Etapa del ciclo productivo y reproductivo de los bovinos lecheros.	Preparto Posparto	n/a	Preparto Posparto	Medición indirecta
Valor de glucosa en sangre	Cuantitativa Continua Dependiente	Cantidad de glucosa circulante en sangre.	Muestra sanguínea 15 días previo a la fecha más probable de parto y 42 días posparto.	mmol/L	5 ml	Medición directa
Valor de hemoglobina en sangre	Cuantitativa Continua Dependiente	Cantidad de hemoglobina circulante en sangre.	Muestra sanguínea 15 días previo a la fecha más probable de parto y 42 días posparto.	g/L	5 ml	Medición directa
Valor de urea en sangre	Cuantitativa Continua Dependiente	Cantidad de urea circulante en sangre.	Muestra sanguínea 15 días previo a la fecha más probable de parto y 42 días posparto.	mmol/L	10 ml	Medición directa
Valor de colesterol en sangre	Cuantitativa Continua Dependiente	Cantidad de colesterol circulante en sangre.	Muestra sanguínea 15 días previo a la fecha más probable de parto y 42 días posparto.	mg/dl	10 ml	Medición directa
Valor de triglicéridos en sangre	Cuantitativa Continua Dependiente	Cantidad de triglicéridos circulante en sangre.	Muestra sanguínea 15 días previo a la fecha más probable de parto y 42 días posparto.	mmol/L	10 ml	Medición directa
Valor de creatinina en sangre	Cuantitativa Continua Dependiente	Cantidad de creatinina circulante en sangre.	Muestra sanguínea 15 días previo a la fecha más probable de parto y 42 días posparto.	µmol/L	10 ml	Medición directa

Valor de proteínas totales en sangre	Cuantitativa Continua Dependiente	Cantidad de proteínas totales circulante en sangre.	Muestra sanguínea 15 días previo a la fecha más probable de parto y 42 días posparto.	g/L	5 ml	Medición directa
Valor de albúmina en sangre	Cuantitativa Continua Dependiente	Cantidad de albúmina circulante en sangre.	Muestra sanguínea 15 días previo a la fecha más probable de parto y 42 días posparto.	g/L	10 ml	Medición directa
Valor de AST en sangre	Cuantitativa Continua Dependiente	Cantidad de AST circulante en sangre.	Muestra sanguínea 15 días previo a la fecha más probable de parto y 42 días posparto.	U/L	10 ml	Medición directa
Valor de ALT en sangre	Cuantitativa Continua Dependiente	Cantidad de ALT circulante en sangre.	Muestra sanguínea 15 días previo a la fecha más probable de parto y 42 días posparto.	U/L	10 ml	Medición directa
Valor de GGT en sangre	Cuantitativa Continua Dependiente	Cantidad de GGT circulante en sangre.	Muestra sanguínea 15 días previo a la fecha más probable de parto y 42 días posparto.	U/L	10 ml	Medición directa
Valor de $\beta$ -hidroxibutirato en sangre	Cuantitativa Continua Dependiente	Cantidad de $\beta$ -hidroxibutirato circulante en sangre.	Muestra sanguínea 15 días previo a la fecha más probable de parto y 42 días posparto.	mmol/dl	0,7 $\mu$ L	Medición directa

## Anexo 2. Toma de muestra sanguínea

Rotulación de los tubos de muestra



Armado del capuchón



Asepsia de la zona de punción



Punción



Punción



Colocación del tubo vacutainer



Extracción del volumen requerido de sangre en el tubo



Almacenamiento de las muestras en el cooler para el transporte



## Anexo 3. Protocolo de toma de muestra de LIVEXLAB

### PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTANDAR

<b>TOMA Y ENVIO DE MUESTRAS AL LABORATORIO MANUAL DE PROCEDIMIENTOS</b>
---

#### 5.6.2. Muestra de sangre

Para la colección de sangre debe tenerse en cuenta el sitio de punción y el calibre de aguja a utilizar para cada especie. Siempre utilizar aguja y tubo vacutainer (sistema al vacío), no jeringuilla ya que esta propicia que se dañe la muestra por hemólisis y además representa un alto riesgo de bioseguridad para las personas que las transportan o las manejan en el laboratorio.

#### Consideraciones generales para la toma de muestras de sangre:

- a) No colocar el bisel de la aguja hacia abajo pues imposibilita el paso de sangre.
- b) No usar agujas húmedas ya que se hemolizan los glóbulos rojos.
- c) Utilizar siempre aguja y tubo vacutainer individual por cada animal
- d) Homogenizar la sangre con el anticoagulante para evitar la formación de coágulos.

Los tubos Vacutainer con y sin anticoagulante están disponibles en LIVEXLAB. Este sistema manejado en forma adecuada representa un menor riesgo de hemólisis de las muestras, con respecto al sistema de extracción con jeringuilla.

#### Para exámenes hematológicos (Hemogramas, hemoparásitos)

1. Extraer 5 ml de sangre con un tubo que contenga una solución anticoagulante de EDTA (Vacutainer tapa lila).
2. Mezclar el tubo por inversión de 5 a 7 veces hasta homogenizar la sangre.
3. Realizar frotis por duplicado para estudio diferencial de células (Ver procedimiento para frotis).
4. Identificar y enviar la muestra refrigerada.

Las muestras enviadas sin anticoagulante no podrán ser procesadas.

Los tubos Vacutainer con y sin anticoagulante están disponibles en LIFEX. Este sistema manejado en forma adecuada representa un menor riesgo de hemólisis de las muestras, con respecto al sistema de extracción con jeringuilla.

#### Para exámenes hematológicos (conteo celular, hemoglobina, hematocrito, etc.)

1. Extraer 5 ml de sangre con un tubo que contenga una solución anticoagulante de EDTA (Vacutainer tapa lila).
2. Mezclar el tubo por inversión de 5 a 7 veces hasta homogenizar la sangre.
3. Realizar frotis por duplicado para estudio diferencial de células (Ver procedimiento para frotis).
4. Identificar y enviar la muestra refrigerada.
5. Las muestras enviadas sin anticoagulante no podrán ser procesadas.

**Para estudios químicos o serológicos (Brucella, Leptospira, IBR, Leucosis, DVB, etc):**

1. Extraer de 3 a 7 ml de sangre con un tubo sin anticoagulante (Vacutainer tapa roja).
2. Evitar mover el tubo, dejarlo a temperatura ambiente en un ángulo de 30 grados hasta formarse el coágulo (30 minutos).
3. Identificar y llevar al laboratorio en un tiempo no mayor de 4 horas.
4. Si el tiempo de llegada al laboratorio fuese mayor a 4 horas, mantener la muestra refrigerada en forma vertical y preferentemente separar el suero.
5. - No congelar.

**Muestras de tejidos para Histopatología**

1. Al cortar, las muestras deben contener una parte del tejido afectado junto a otra de aspecto normal.
2. El grosor de la muestra depende del tejido, pero por lo general no debe ser mayor de 0,5 cm.
3. Colocar la muestra en un frasco que contenga formol al 10% en una cantidad que cubra al órgano completamente.
4. Los recipientes para las muestras deben ser de boca ancha para que puedan salir íntegras y fácilmente. Las muestras para estudios histopatológicos no necesitan refrigeración y nunca deben congelarse.

**Empaque y sistemas de envío de muestras**

Considerando que las muestras biológicas son potencialmente infecciosas, se recomienda el transporte personal o la participación directa de los médicos veterinarios de LIFE. Sin embargo, cuando esto no es posible, se deben enviar las muestras con las siguientes instrucciones:

1. Como medio ideal de conservación, se utiliza la refrigeración, con hielo natural, hielo seco o gel refrigerante en fundas herméticas (existen excepciones descritas en los procedimientos de recolección de muestras).
2. La totalidad de las muestras recolectadas debe enviarse utilizando un sistema de empaque en doble caja:
  - La caja interna, preferentemente debe ser de un material aislante de temperatura externa, siendo las más recomendadas las cajas de espumaflex (icopor) por su bajo peso y fácil manipulación.
  - Las muestras deberán ser enviadas en recipientes individuales y bien identificadas. Entre cada funda, frasco o recipiente que contenga la muestra, se coloca un material que amortigüe los golpes, mantenga fijas las muestras y absorba la humedad (especialmente cuando se usa hielo natural o hielo seco como refrigerante). Puede usarse también espumaflex para éste fin.
  - La información básica que acompaña las muestras se envía debidamente protegida, dentro de un sobre y en funda plástica, entre la caja interna y la caja externa.

- La caja externa se cierra de tal manera que todas las esquinas y/o tapas queden selladas con cinta adhesiva (aumenta la resistencia del recipiente y garantiza el aislamiento de las muestras).
- Si las condiciones lo permiten, envolver la caja externa con papel empaque, sellar con cinta adhesiva y colocar con letra grande y clara:

**MANÉJESE CON CUIDADO MATERIAL BIOLÓGICO REFRIGERADO**

Tomado de (Livexlab, 2017)

## Anexo 4. Lectura de $\beta$ -hidroxibutirato

Colocación de la tira de cetosis en el lector



Visualización del código de la tira



Toma de muestra de sangre mediante la pipeta



Colocación de sangre en la tira de cetosis



Observación de la aparición de un conteo regresivo de 5 segundos en el dispositivo



Visualización del nivel de cetosis



## Anexo 5. Protocolo del equipo BHBCHECK

### TESTING WITH BLOOD SAMPLE

BHBCheck™ blood ketone and glucose test strips use the same procedure.

#### STEP 1. Apply the code strip to set the meter for that specific blood measurement

To perform a blood glucose test, insert the glucose code strip first to set the meter ready for the blood glucose test; insert the blood ketone code strip instead for a blood ketone test. Do not use the glucose test strip while the meter is set to measure the blood ketone and vice versa.

#### STEP 2. Insert the test strip to start the measurement.

Wait for the meter to display ambient temperature value, code number and then a flashing blood drop symbol.

#### STEP 3. Select the appropriate measuring mode by pressing M (for the blood glucose test only)

Press M to select "Gen" or "CTL".

#### STEP 4 Obtain a blood sample.

a) Obtain a drop of blood that is at least 0.7 µL of volume for a blood glucose or a blood ketone test.

b) Gently apply the drop of blood to the absorbent hole at the very tip of the test strip at a tilted angle. Confirmation window should be completely filled if enough blood sample has been applied.



c) If the confirmation window is not filled completely before the meter begins to count down, do not add more blood to the test strip. Discard the test strip and start again. If you have trouble filling the test strip, please contact your veterinarian or your local customer service representative for assistance.

#### STEP 5. RESULTS WILL APPEAR AFTER THE METER COUNTS DOWN TO 0.

#### STEP 6. GET RESULTS.

The test results will be stored in meter memory automatically.



#### WARNING

- Strips are for single use only.
- Please do not change your treatment of animals based on the results without first consulting your veterinarian.
- Turn the meter off by removing the test strip. Discard the used test strip and syringes / lancets carefully according to your local regulations.
- Keep test strips away from small children. If swallowed, contact a doctor immediately for advice.

Tomado de (BHBCHECK™ , 2015)

## Anexo 6. Resultados del laboratorio

### Resultados de laboratorio en el parto

- Denisse



**LABORATORIO CLINICO VETERINARIO**  
 Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Méj)  
**Dirección:** Mariano Egas N38-138 y Antonio Granda Centeno  
**Teléfonos:** 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284  
**E- mail:** resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-ec.com

**Paciente:** Denisse **Fecha:** 19/12/2018  
**Raza:** Holstein **Caso No.:** 00104123  
**Edad:** 3 años y medio **Médico Veterinario:** \_\_\_\_\_  
**Sexo:** Hembra **Propietario:** Andrés Amador

#### HEMOGRAMA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
HEMATOCRITO	0,29	L/L	0,21 - 0,64
HEMOGLOBINA	90,99	g/L	70 - 200



**LABORATORIO CLINICO VETERINARIO**  
 Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Méj)  
**Dirección:** Mariano Egas N38-138 y Antonio Granda Centeno  
**Teléfonos:** 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284  
**E- mail:** resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-ec.com

**Paciente:** Denisse **Fecha:** 19/12/2018  
**Raza:** Holstein **Caso No.:** 00104123  
**Edad:** 3 años y medio **Médico Veterinario:** \_\_\_\_\_  
**Sexo:** Hembra **Propietario:** Andrés Amador

#### QUIMICA SANGUINEA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
GLUCOSA	3,1	mmol/L	2,60 - 4,90
UREA	4,0	mmol/L	2,50 - 6,60
CREATININA	95,8	mmol/L	< 129
TRIGLICERIDOS	0,30	mmol/L	0,11 - 2,83
COLESTEROL	204,9	mg/dL	42 - 337
ALT	20,9	U/L	5,0 - 91,0
AST	75,0	U/L	23,0 - 149,0
PROTEINAS TOTALES	80,0	g/L	59,50 - 80,0
ALBUMINA	27,8	g/L	27,7 - 40,4
GGT	46,5	U/L	13 - 54

DRA. GABRIELA CHAVEZ R. MVZ  
 PATOLOGA CLINICA

- Kamini



**LABORATORIO CLINICO VETERINARIO**  
 Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Mx)  
**Dirección:** Mariano Egas N38-138 y Antonio Granda Centeno  
**Teléfonos:** 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284  
**E- mail:** resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-ec.com

**Paciente:** Kamini \_\_\_\_\_ **Fecha:** 19/12/2018 \_\_\_\_\_  
**Raza:** Holstein \_\_\_\_\_ **Caso No. :** 00104123 \_\_\_\_\_  
**Edad:** 3 años y medio \_\_\_\_\_ **Médico Veterinario:** \_\_\_\_\_  
**Sexo:** Hembra \_\_\_\_\_ **Propietario:** Andrés Amador \_\_\_\_\_

### HEMOGRAMA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
HEMATOCRITO	0,24	L/L	0,21 - 0,64
HEMOGLOBINA	80,27	g/L	70 - 200



**LABORATORIO CLINICO VETERINARIO**  
 Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Mx)  
**Dirección:** Mariano Egas N38-138 y Antonio Granda Centeno  
**Teléfonos:** 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284  
**E- mail:** resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-ec.com

**Paciente:** Kamini \_\_\_\_\_ **Fecha:** 19/12/2018 \_\_\_\_\_  
**Raza:** Holstein \_\_\_\_\_ **Caso No. :** 00104123 \_\_\_\_\_  
**Edad:** 3 años y medio \_\_\_\_\_ **Médico Veterinario:** \_\_\_\_\_  
**Sexo:** Hembra \_\_\_\_\_ **Propietario:** Andrés Amador \_\_\_\_\_

### QUIMICA SANGUINEA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
GLUCOSA	3,4	mmol/L	2,60 - 4,90
UREA	4,0	mmol/L	2,50 - 6,60
CREATININA	91,4	umol/L	< 129
TRIGLICERIDOS	0,30	mmol/L	0,11 - 2,83
COLESTEROL	139,2	mg/dL	42 - 337
ALT	19,5	U/L	5,0 - 91,0
AST	36,1	U/L	23,0 - 149,0
PROTEINAS TOTALES	80,0	g/L	59,50 - 80,0
ALBUMINA	32,4	g/L	27,7 - 40,4
GGT	33,2	U/L	13 - 54

DRA. GABRIELA CHAVEZ R. MVZ  
 PATOLOGA CLINICA

- Kenia

**Paciente:** Kenia **Fecha:** 27/12/2018  
**Raza:** Holstein **Caso No. :**  
**Edad:** **Médico Veterinario:**  
**Sexo:** **Propietario:** Andres Amador

### HEMOGRAMA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
HEMATOCRITO	0,31	L/L	0,21 - 0,64
HEMOGLOBINA	104	g/L	70 - 200



#### LABORATORIO CLINICO VETERINARIO

Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Mx)

Dirección: Mariano Egas N38-138 y Antonio Granda Centeno

Teléfonos: 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284

E-mail: resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-co.com

**Paciente:** Kenia **Fecha:** 27/12/2018  
**Raza:** Holstein **Caso No. :**  
**Edad:** **Médico Veterinario:**  
**Sexo:** **Propietario:** Andres Amador

### QUIMICA SANGUINEA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
GLUCOSA	3,1	mmol/L	33 - 33
UREA	6,5	mmol/L	33 - 33
CREATININA	103,8	umol/L	< 129
COLESTEROL	69,4	mg/dl	42 - 33
TRIGLICÉRIDOS	0,25	mmol/L	0 - 3
ALT	11,6	U/L	5 - 31
AST	57	U/L	23 - 33
GGT	14,7	U/L	13 - 54
PROTEÍNAS TOTALES	90	g/L	60 - 80
ALBUMINA	30,9	g/L	28 - 40

HEMOLISIS +

Dra. GABRIELA CHAVEZ DMVZ  
 PATOLOGA CLINICA

- Waka-Waka

Paciente: Waka Waka Fecha: 27/12/2018  
 Raza: Holstein Caso No. :  
 Edad: Médico Veterinario:  
 Sexo: Propietario: Andres Amador

### HEMOGRAMA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
HEMATOCRITO	0,31	L/L	0,21 - 0,64
HEMOGLOBINA	105	g/L	70 - 200



#### LABORATORIO CLINICO VETERINARIO

Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Mx)  
 Dirección: Mariano Egas N38-138 y Antonio Granda Centeno  
 Teléfonos: 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284  
 E- mail: resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-ec.com

Paciente: Waka Waka Fecha: 27/12/2018  
 Raza: Holstein Caso No. :  
 Edad: Médico Veterinario:  
 Sexo: Propietario: Andres Amador

### QUIMICA SANGUINEA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
GLUCOSA	3,6	mmol/L	33 - 33
UREA	10	mmol/L	33 - 33
CREATININA	142,7	umol/L	< 129
COLESTEROL	135,1	mg/dl	42 - 33
TRIGLICÉRIDOS	0,46	mmol/L	0 - 3
ALT	13	U/L	5 - 31
AST	83	U/L	23 - 33
GGT	19,1	U/L	13 - 54
PROTEÍNAS TOTALES	91,7	g/L	60 - 80
ALBUMINA	33,5	g/L	28 - 40

HEMOLISIS +

Dra. GABRIELA CHAVEZ DMVZ  
 PATOLOGA CLINICA

- Mi-Mozuca

<b>Paciente:</b>	Mi Mozuca	<b>Fecha:</b>	27/12/2018
<b>Raza:</b>	Holstein	<b>Caso No. :</b>	
<b>Edad:</b>		<b>Médico Veterinario:</b>	
<b>Sexo:</b>		<b>Propietario:</b>	Andrés Amador

### HEMOGRAMA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
HEMATOCRITO	0,34	L/L	0,21 - 0,64
HEMOGLOBINA	113	g/L	70 - 200



#### LABORATORIO CLINICO VETERINARIO

Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Mx)

**Dirección:** Mariano Egas N38-138 y Antonio Granda Centeno

**Teléfonos:** 244 2819 / 2437637/ 0981 423 284

**E- mail:** resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-ec.com

<b>Paciente:</b>	Mi Mozuca	<b>Fecha:</b>	27/12/2018
<b>Raza:</b>	Holstein	<b>Caso No. :</b>	
<b>Edad:</b>		<b>Médico Veterinario:</b>	
<b>Sexo:</b>		<b>Propietario:</b>	Andrés Amador

### QUIMICA SANGUINEA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
GLUCOSA	3,5	mmol/L	## - ##
UREA	7,4	mmol/L	## - ##
CREATININA	121,5	umol/L	< 129
COLESTEROL	115,8	mg/dl	42 - ##
TRIGLICÉRIDOS	0,30	mmol/L	0 - 3
ALT	11,4	U/L	5 - 91
AST	62	U/L	23 - ##
GGT	19,6	U/L	13 - 54
PROTEÍNAS TOTALES	72,9	g/L	60 - 80
ALBUMINA	33,4	g/L	28 - 40

Dra. GABRIELA CHAVEZ DMVZ  
 PATOLOGA CLINICA

- Vida



**LABORATORIO CLINICO VETERINARIO**  
 Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Méx)  
**Dirección:** Mariano Egas N38-138 y Antonio Grandá Centeno  
**Teléfonos:** 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284  
**E- mail:** resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-ec.com

**Paciente:** Vida **Fecha:** 19/12/2018  
**Raza:** Holstein **Caso No. :** 00104123  
**Edad:** 4 años y medio **Médico Veterinario:** \_\_\_\_\_  
**Sexo:** Hembra **Propietario:** Andrés Amador

### HEMOGRAMA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
HEMATOCRITO	0,30	L/L	0,21 - 0,64
HEMOGLOBINA	100,33	g/L	70 - 200



**LABORATORIO CLINICO VETERINARIO**  
 Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Méx)  
**Dirección:** Mariano Egas N38-138 y Antonio Grandá Centeno  
**Teléfonos:** 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284  
**E- mail:** resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-ec.com

**Paciente:** Vida **Fecha:** 19/12/2018  
**Raza:** Holstein **Caso No. :** 00104123  
**Edad:** 4 años y medio **Médico Veterinario:** \_\_\_\_\_  
**Sexo:** Hembra **Propietario:** Andrés Amador

### QUIMICA SANGUINEA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
GLUCOSA	3,0	mmol/L	2,60 - 4,90
UREA	4,0	mmol/L	2,50 - 6,60
CREATININA	63,6	umol/L	< 129
TRIGLICERIDOS	0,22	mmol/L	0,11 - 2,83
COLESTEROL	135,3	mg/dL	42 - 337
ALT	14,8	U/L	5,0 - 91,0
AST	43,5	U/L	23,0 - 149,0
PROTEINAS TOTALES	78,0	g/L	59,50 - 80,0
ALBUMINA	35,0	g/L	27,7 - 40,4
GGT	40,0	U/L	13 - 54

**DRA. GABRIELA CHAVEZ R. MVZ**  
**PATOLOGA CLINICA**

- Layla

Paciente: Layla Fecha: 27/12/2018  
 Raza: Holstein Caso No. :  
 Edad: Médico Veterinario:  
 Sexo: Propietario: Andres Amador

### HEMOGRAMA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
HEMATOCRITO	0,30	L/L	0,21 - 0,64
HEMOGLOBINA	101	g/L	70 - 200



#### LABORATORIO CLINICO VETERINARIO

Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Mx)

Dirección: Mariano Egas N38-138 y Antonio Granda Centeno

Teléfonos: 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284

E- mail: resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-ec.com

Paciente: Layla Fecha: 27/12/2018  
 Raza: Holstein Caso No. :  
 Edad: Médico Veterinario:  
 Sexo: Propietario: Andres Amador

### QUIMICA SANGUINEA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
GLUCOSA	3,4	mmol/L	33 - 33
UREA	6,8	mmol/L	33 - 33
CREATININA	127,9	umol/L	< 129
COLESTEROL	96,5	mg/dl	42 - 33
TRIGLICÉRIDOS	0,46	mmol/L	0 - 3
ALT	11,7	U/L	5 - 31
AST	62,3	U/L	23 - 33
GGT	13	U/L	13 - 54
PROTEÍNAS TOTALES	86,8	g/L	60 - 80
ALBUMINA	35,2	g/L	28 - 40

HEMOLISIS +

Dra. GABRIELA CHAVEZ DMVZ  
 PATOLOGA CLINICA

- Milagro



**LABORATORIO CLINICO VETERINARIO**  
 Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Ms)  
**Dirección:** Mariano Egas N38-138 y Antonio Grandá Centeno  
**Teléfonos:** 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284  
**E- mail:** resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-sc.com

**Paciente:** Milagro **Fecha:** 19/12/2018  
**Raza:** Holstein **Caso No.:** 00104123  
**Edad:** 4 años **Médico Veterinario:** \_\_\_\_\_  
**Sexo:** Hembra **Propietario:** Andrés Amador

**HEMOGRAMA BOVINO**

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
HEMATOCRITO	0,34	L/L	0,21 - 0,64
HEMOGLOBINA	113,71	g/L	70 - 200



**LABORATORIO CLINICO VETERINARIO**  
 Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Ms)  
**Dirección:** Mariano Egas N38-138 y Antonio Grandá Centeno  
**Teléfonos:** 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284  
**E- mail:** resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-sc.com

**Paciente:** Milagro **Fecha:** 19/12/2018  
**Raza:** Holstein **Caso No.:** 00104123  
**Edad:** 4 años **Médico Veterinario:** \_\_\_\_\_  
**Sexo:** Hembra **Propietario:** Andrés Amador

**QUIMICA SANGUINEA BOVINO**

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
GLUCOSA	3,3	mmol/L	2,60 - 4,90
UREA	5,7	mmol/L	2,50 - 6,60
CREATININA	99,5	umol/L	< 129
TRIGLICERIDOS	0,40	mmol/L	0,11 - 2,83
COLESTEROL	174,0	mg/dL	42 - 337
ALT	24,4	U/L	5,0 - 91,0
AST	66,8	U/L	23,0 - 149,0
PROTEINAS TOTALES	80,0	g/L	59,50 - 80,0
ALBUMINA	27,9	g/L	27,7 - 40,4
GGT	38,4	U/L	13 - 54

**DRA. GABRIELA CHAVEZ R. MVZ**  
**PATOLOGA CLINICA**

## Resultados de laboratorio en el Posparto

- Denisse



### LABORATORIO CLINICO VETERINARIO

Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Mx)  
**Dirección:** Mariano Egas N38-138 y Antonio Granda Centeno  
**Teléfonos:** 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284  
**E- mail:** resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-ec.com

**Paciente:** Denisse  
**Raza:** Holstein  
**Edad:** 3 años 8 meses  
**Sexo:** hembra  
**Fecha:** 12/02/2019  
**Caso No.:** 00105490  
**Médico Veterinario:**  
**Propietario:** Andrés Amador

### HEMOGRAMA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
HEMATOCRITO	0,31	L/L	0,21 - 0,64
HEMOGLOBINA	103,66	g/L	70 - 200



### LABORATORIO CLINICO VETERINARIO

Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Mx)  
**Dirección:** Mariano Egas N38-138 y Antonio Granda Centeno  
**Teléfonos:** 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284  
**E- mail:** resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-ec.com

**Paciente:** Denisse  
**Raza:** Holstein  
**Edad:** 3 años 8 meses  
**Sexo:** hembra  
**Fecha:** 12/02/2019  
**Caso No.:** 00105490  
**Médico Veterinario:**  
**Propietario:** Andrés Amador

### QUIMICA SANGUINEA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
GLUCOSA	1,70	mmol/L	2,60 - 4,90 mmol/L
UREA	8,0	mmol/L	2,50 - 6,60 mmol/L
CREATININA	62,0	umol/L	< 129 umol/L
TRIGLICERIDOS	0,82	mmol/L	0,11 - 2,83 mmol/L
COLESTEROL	125,74	mg/dL	42 - 337 mg/dl
ALT	16,2	U/L	5,0 - 91,0 U/L
AST	65,7	U/L	23,0 - 149,0 U/L
PROTEINAS TOTALES	67,6	g/L	59,50 - 80,0 g/L
ALBUMINA	35,2	g/L	27,7 - 40,4 g/L
GGT	27,1	U/L	13 - 94 U/L

DRA. GABRIELA CHAVEZ R. MVZ  
 PATOLOGA CLINICA

- Kamini



**LABORATORIO CLINICO VETERINARIO**

Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Méx)

Dirección: Mariano Egas N38-138 y Antonio Grande Centeno

Teléfonos: 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284

E-mail: resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-ec.com

Paciente: Kamini Fecha: 12/02/2019  
 Raza: Holstein Caso No.: 00105490  
 Edad: 3 años 8 meses Médico Veterinario: \_\_\_\_\_  
 Sexo: hembra Propietario: Andrés Amador

**HEMOGRAMA BOVINO**

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
HEMATOCRITO	0,26	L/L	0,21 - 0,64
HEMOGLOBINA	86,90	g/L	70 - 200



**LABORATORIO CLINICO VETERINARIO**

Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Méx)

Dirección: Mariano Egas N38-138 y Antonio Grande Centeno

Teléfonos: 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284

E-mail: resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-ec.com

Paciente: Kamini Fecha: 12/02/2019  
 Raza: Holstein Caso No.: 00105490  
 Edad: 3 años 8 meses Médico Veterinario: \_\_\_\_\_  
 Sexo: hembra Propietario: Andrés Amador

**QUIMICA SANGUINEA BOVINO**

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
GLUCOSA	2,00	mmol/L	2,60 - 4,90 mmol/L
UREA	7,7	mmol/L	2,50 - 6,60 mmol/L
CREATININA	89,7	umol/L	< 129 umol/L
TRIGLICERIDOS	1,00	mmol/L	0,11 - 2,83 mmol/L
COLESTEROL	116,00	mg/dL	42 - 337 mg/dl
ALT	25,2	U/L	5,0 - 91,0 U/L
AST	82,4	U/L	23,0 - 149,0 U/L
PROTEINAS TOTALES	61,2	g/L	59,50 - 80,0 g/L
ALBUMINA	33,0	g/L	27,7 - 40,4 g/L
GGT	18,5	U/L	13 - 54 U/L

**DRA. GABRIELA CHAVEZ R. MVZ**  
**PATOLOGA CLINICA**

- Kenia



### LABORATORIO CLINICO VETERINARIO

Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Méx)

Dirección: Mariano Egas N38-138 y Antonio Granda Centeno

Teléfonos: 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284

E- mail: resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-co.com

Paciente: Kenia Fecha: 22/02/2019  
 Raza: Holstein Caso No. : 00105797B  
 Edad: 4 años Médico Veterinario: \_\_\_\_\_  
 Sexo: hembra Propietario: Andrés Amador

### HEMOGRAMA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
HEMATOCRITO	0,30	L/L	0,21 - 0,64
HEMOGLOBINA	100,30	g/L	70 - 200



### LABORATORIO CLINICO VETERINARIO

Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Méx)

Dirección: Mariano Egas N38-138 y Antonio Granda Centeno

Teléfonos: 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284

E- mail: resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-co.com

Paciente: Kenia Fecha: 22/02/2019  
 Raza: Holstein Caso No. : 00105797B  
 Edad: 4 años Médico Veterinario: \_\_\_\_\_  
 Sexo: hembra Propietario: Andrés Amador

### QUIMICA SANGUINEA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
GLUCOSA	2,88	mmol/L	2,60 - 4,90 mmol/L
UREA	5,15	mmol/L	2,50 - 6,60 mmol/L
CREATININA	70,9	umol/L	< 129 umol/L
TRIGLICERIDOS	0,20	mmol/L	0,11 - 2,83 mmol/L
COLESTEROL	95,90	mg/dL	42 - 337 mg/dl
ALT	18,5	U/L	5,0 - 91,0 U/L
AST	66,1	U/L	23,0 - 149,0 U/L
PROTEINAS TOTALES	80,0	g/L	59,50 - 80,0 g/L
ALBUMINA	31,4	g/L	27,7 - 40,4 g/L
GGT	18,5	U/L	13 - 54 U/L

DRA. GABRIELA CHAVEZ R. MVZ  
 PATOLOGA CLINICA

- Waka-Waka



**LABORATORIO CLINICO VETERINARIO**  
 Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Méx)  
**Dirección:** Mariano Egas N38-138 y Antonio Grandia Centeno  
**Teléfonos:** 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284  
**E- mail:** resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-ec.com

**Paciente:** Waka Waka **Fecha:** 22/02/2019  
**Raza:** Holstein **Caso No. :** 00105797B  
**Edad:** 4 años 1/2 **Médico Veterinario:** \_\_\_\_\_  
**Sexo:** hembra **Propietario:** Andrés Amador

**HEMOGRAMA BOVINO**

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
HEMATOCRITO	0,29	L/L	0,21 - 0,64
HEMOGLOBINA	90,99	g/L	70 - 200



**LABORATORIO CLINICO VETERINARIO**  
 Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Méx)  
**Dirección:** Mariano Egas N38-138 y Antonio Grandia Centeno  
**Teléfonos:** 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284  
**E- mail:** resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-ec.com

**Paciente:** Waka Waka **Fecha:** 22/02/2019  
**Raza:** Holstein **Caso No. :** 00105797B  
**Edad:** 4 años y medio **Médico Veterinario:** \_\_\_\_\_  
**Sexo:** hembra **Propietario:** Andrés Amador

**QUIMICA SANGUINEA BOVINO**

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
GLUCOSA	2,86	mmol/L	2,60 - 4,90 mmol/L
UREA	6,3	mmol/L	2,50 - 6,60 mmol/L
CREATININA	78,8	umol/L	< 129 umol/L
TRIGLICERIDOS	0,30	mmol/L	0,11 - 2,83 mmol/L
COLESTEROL	282,67	mg/dL	42 - 337 mg/dl
ALT	39,8	U/L	5,0 - 91,0 U/L
AST	100,3	U/L	23,0 - 149,0 U/L
PROTEINAS TOTALES	79,9	g/L	59,50 - 80,0 g/L
ALBUMINA	34,6	g/L	27,7 - 40,4 g/L
GGT	23,8	U/L	13 - 54 U/L

**DRA. GABRIELA CHAVEZ R. MVZ**  
**PATOLOGA CLINICA**

- Mi-Mozuca



### LABORATORIO CLINICO VETERINARIO

Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Mx)  
 Dirección: Mariano Egas N38-138 y Antonio Granda Centeno  
 Teléfonos: 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284  
 E-mail: resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-ec.com

Paciente: Mi Mozuca Fecha: 20/02/2019  
 Raza: Holstein Caso No.: 00105737  
 Edad: 4 años Médico Veterinario: \_\_\_\_\_  
 Sexo: hembra Propietario: Andrés Amador

### HEMOGRAMA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
HEMATOCRITO	0,28	L/L	0,21 - 0,64
HEMOGLOBINA	93,65	g/L	70 - 200



### LABORATORIO CLINICO VETERINARIO

Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Mx)  
 Dirección: Mariano Egas N38-138 y Antonio Granda Centeno  
 Teléfonos: 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284  
 E-mail: resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-ec.com

Paciente: Mi Mozuca Fecha: 21/02/2019  
 Raza: Holstein Caso No.: 00105737  
 Edad: 4 años Médico Veterinario: \_\_\_\_\_  
 Sexo: hembra Propietario: Andrés Amador

### QUIMICA SANGUINEA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
GLUCOSA	4,10	mmol/L	2,60 - 4,90 mmol/L
UREA	2,7	mmol/L	2,50 - 6,60 mmol/L
CREATININA	100,0	umol/L	< 129 umol/L
TRIGLICERIDOS	0,50	mmol/L	0,11 - 2,83 mmol/L
COLESTEROL	204,94	mg/dL	42 - 337 mg/dl
ALT	11,6	U/L	5,0 - 91,0 U/L
AST	69,3	U/L	23,0 - 149,0 U/L
PROTEINAS TOTALES	77,2	g/L	59,50 - 80,0 g/L
ALBUMINA	27,4	g/L	27,7 - 40,4 g/L
GGT	13,9	U/L	13 - 54 U/L

DRA. GABRIELA CHAVEZ R. MVZ  
 PATOLOGA CLINICA

- Vida



### LABORATORIO CLINICO VETERINARIO

Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Mx)  
 Dirección: Mariano Egas N38-138 y Antonio Grandá Centeno  
 Teléfonos: 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284  
 E- mail: resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-ec.com

Paciente: Vida Fecha: 13/02/2019  
 Raza: Holstein Caso No.: 00105599  
 Edad: 3 años y medio Médico Veterinario: \_\_\_\_\_  
 Sexo: hembra Propietario: Andrés Amador

### HEMOGRAMA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
HEMATOCRITO	0,37	L/L	0,21 - 0,64
HEMOGLOBINA	123,75	g/L	70 - 200



### LABORATORIO CLINICO VETERINARIO

Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Mx)  
 Dirección: Mariano Egas N38-138 y Antonio Grandá Centeno  
 Teléfonos: 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284  
 E- mail: resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-ec.com

Paciente: Vida Fecha: 13/02/2019  
 Raza: Holstein Caso No.: 00105599  
 Edad: 3 años y medio Médico Veterinario: \_\_\_\_\_  
 Sexo: hembra Propietario: Andrés Amador

### QUIMICA SANGUINEA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
GLUCOSA	3,20	mmol/L	2,60 - 4,90 mmol/L
UREA	7,6	mmol/L	2,50 - 6,60 mmol/L
CREATININA	68,6	umol/L	< 129 umol/L
TRIGLICERIDOS	0,20	mmol/L	0,11 - 2,83 mmol/L
COLESTEROL	123,73	mg/dL	42 - 337 mg/dl
ALT	19,0	U/L	5,0 - 91,0 U/L
AST	62,8	U/L	23,0 - 149,0 U/L
PROTEINAS TOTALES	95,4	g/L	59,50 - 80,0 g/L
ALBUMINA	31,5	g/L	27,7 - 40,4 g/L
GGT	14,7	U/L	13 - 54 U/L

DRA. GABRIELA CHAVEZ R. MVZ  
 PATOLOGA CLINICA

- Layla



### LABORATORIO CLINICO VETERINARIO

Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Mx)

Dirección: Mariano Egas N38-138 y Antonio Granda Centeno

Teléfonos: 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284

E- mail: resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-eo.com

Paciente: Layla Fecha: 22/02/2019  
 Raza: Holstein Caso No. : 00105797  
 Edad: 3 años y medio Médico Veterinario: \_\_\_\_\_  
 Sexo: hembra Propietario: Andrés Amador

### HEMOGRAMA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
HEMATOCRITO	0,29	L/L	0,21 - 0,64
HEMOGLOBINA	90,97	g/L	70 - 200



### LABORATORIO CLINICO VETERINARIO

Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Mx)

Dirección: Mariano Egas N38-138 y Antonio Granda Centeno

Teléfonos: 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284

E- mail: resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-eo.com

Paciente: Layla Fecha: 22/02/2019  
 Raza: Holstein Caso No. : 00105797B  
 Edad: 3 años y medio Médico Veterinario: \_\_\_\_\_  
 Sexo: hembra Propietario: Andrés Amador

### QUIMICA SANGUINEA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
GLUCOSA	3,10	mmol/L	2,60 - 4,90 mmol/L
UREA	6,8	mmol/L	2,50 - 6,60 mmol/L
CREATININA	103,9	umol/L	< 129 umol/L
TRIGLICERIDOS	0,31	mmol/L	0,11 - 2,83 mmol/L
COLESTEROL	319,79	mg/dL	42 - 337 mg/dl
ALT	35,8	U/L	5,0 - 91,0 U/L
AST	108,1	U/L	23,0 - 149,0 U/L
PROTEINAS TOTALES	94,3	g/L	59,50 - 80,0 g/L
ALBUMINA	34,1	g/L	27,7 - 40,4 g/L
GGT	28,6	U/L	13 - 54 U/L

DRA. GABRIELA CHAVEZ R. MVZ  
 PATOLOGA CLINICA

- Milagro



**LABORATORIO CLINICO VETERINARIO**  
 Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Méx)  
**Dirección:** Mariano Egas N38-138 y Antonio Granda Centeno  
**Teléfonos:** 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284  
**E- mail:** resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-ec.com

**Paciente:** Milagro **Fecha:** 13/02/2019  
**Raza:** Holstein **Caso No. :** 00105599  
**Edad:** 3 años y medio **Médico Veterinario:**  
**Sexo:** hembra **Propietario:** Andrés Amador

### HEMOGRAMA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
HEMATOCRITO	0.31	L/L	0.21 - 0.64
HEMOGLOBINA	103.66	g/L	70 - 210



**LABORATORIO CLINICO VETERINARIO**  
 Dra. Gabriela Chávez DMVZ Especializada en la UNAM (Méx)  
**Dirección:** Mariano Egas N38-138 y Antonio Granda Centeno  
**Teléfonos:** 244 2819 / 2437637 / 0981 423 284  
**E- mail:** resultadoslabvetquito@hotmail.com/info@labvet-ec.com

**Paciente:** Milagro **Fecha:** 13/02/2019  
**Raza:** Holstein **Caso No. :** 00105599  
**Edad:** 3 años y medio **Médico Veterinario:**  
**Sexo:** hembra **Propietario:** Andrés Amador

### QUIMICA SANGUINEA BOVINO

ANALITO	RESULTADOS	UNIDADES	VALORES DE REFERENCIA
GLUCOSA	3.10	mmol/L	2.60 - 4.90 mmol/L
UREA	8.9	mmol/L	2.50 - 6.60 mmol/L
CREATININA	103.5	umol/L	< 129 umol/L
TRIGLICERIDOS	0.30	mmol/L	0.11 - 2.83 mmol/L
COLESTEROL	245.60	mg/dl	42 - 337 mg/dl
ALT	23.7	U/L	5.0 - 91.0 U/L
AST	81.0	U/L	23.0 - 149.0 U/L
PROTEINAS TOTALES	84.3	g/L	59.50 - 80.0 g/L
ALBUMINA	32.9	g/L	27.7 - 40.4 g/L
GGT	10.0	U/L	13 - 54 U/L

**DRA. GABRIELA CHAVEZ R. MVZ**  
 PATOLOGA CLINICA

## Anexo 7. Medidas de tendencia central en el período preparto

Metabolito	Glucosa	Urea	Creatinina	Trigliceridos	Colesterol	ALT	AST	Proteinas_Totales	Albumina	GGT	Hemoglobina	BHB
<b>Media</b>	3,3000	6,0500	105,775	,3363	133,7750	15,913	60,713	82,425	32,013	28,063	101,7875	,525
<b>Error estándar de la media</b>	,07559	,74306	8,6895	,03262	14,98034	1,7739	5,4411	2,2776	1,0288	4,5769	3,71254	,0366
<b>Mediana</b>	3,3500	6,1000	101,650	,3000	135,2000	13,900	62,150	80,000	32,900	26,400	102,5000	,500
<b>Moda</b>	3,10 <sup>a</sup>	4,00	63,6 <sup>a</sup>	,30	69,40 <sup>a</sup>	11,4 <sup>a</sup>	36,1 <sup>a</sup>	80,0	27,8 <sup>a</sup>	13,0 <sup>a</sup>	80,27 <sup>a</sup>	,5
<b>Desv. Desviación</b>	,21381	2,10170	24,5776	,09226	42,37080	5,0172	15,3898	6,4420	2,9098	12,9454	10,50064	,1035
<b>Varianza</b>	,046	4,417	604,056	,009	1795,285	25,173	236,847	41,499	8,467	167,583	110,264	,011
<b>Rango</b>	,60	6,00	79,1	,24	135,50	13,0	46,9	18,8	7,4	33,5	33,44	,3
<b>Mínimo</b>	3,00	4,00	63,6	,22	69,40	11,4	36,1	72,9	27,8	13,0	80,27	,4
<b>Máximo</b>	3,60	10,00	142,7	,46	204,90	24,4	83,0	91,7	35,2	46,5	113,71	,7

Nota: <sup>a</sup>=Existen múltiples modos, se muestra el valor más pequeño.

## Anexo 8. Medidas de tendencia central en el período posparto

Metabolito	Glucosa	Urea	Creatinina	Triglicéridos	Colesterol	ALT	AST	Proteínas_totales	Albumina	GGT	Hemoglobina	BHB
<b>Media</b>	2,8675	6,6438	84,675	,4538	188,7963	23,725	79,212	79,988	32,512	19,388	100,7475	1,175
<b>Error estándar de la media</b>	,26232	,69291	5,9476	,10618	30,36406	3,4321	6,0838	4,1730	,8751	2,3361	3,81579	,0620
<b>Mediana</b>	2,9900	7,2000	84,250	,3050	164,3400	21,350	75,150	79,950	32,950	18,500	98,6450	1,150
<b>Moda</b>	3,10	2,70 <sup>a</sup>	62,0 <sup>a</sup>	,20 <sup>a</sup>	95,90 <sup>a</sup>	11,6 <sup>a</sup>	62,8 <sup>a</sup>	61,2 <sup>a</sup>	27,4 <sup>a</sup>	18,5	103,68	1,1
<b>Desv. Desviación</b>	,74196	1,95985	16,8222	,30033	85,88252	9,7075	17,2077	11,8031	2,4753	6,6074	10,79267	,1753
<b>Varianza</b>	,551	3,841	282,988	,090	7375,808	94,236	296,104	139,313	6,127	43,658	116,482	,031
<b>Rango</b>	2,40	6,20	41,9	,80	223,89	28,2	45,3	34,2	7,8	18,6	36,79	,6
<b>Mínimo</b>	1,70	2,70	62,0	,20	95,90	11,6	62,8	61,2	27,4	10,0	86,96	,9
<b>Máximo</b>	4,10	8,90	103,9	1,00	319,79	39,8	108,1	95,4	35,2	28,6	123,75	1,5

Nota: <sup>a</sup>=Existen múltiples modos, se muestra el valor más pequeño.

**Anexo 9: Resultados de  $\beta$ -hidroxibutirato**

<b>Nombre</b>	<b>Preparto (mmol/L)</b>	<b>Posparto (mmol/L)</b>	<b>Rango de referencia mínimo (mmol/L)</b>	<b>Rango de referencia máximo (mmol/L)</b>	<b>de referencia máximo</b>
<b>Mi Mozuca</b>	0,7	1,1	0,35	0,8	0,8
<b>Layla</b>	0,5	0,9	0,35	0,8	0,8
<b>Waka-Waka</b>	0,4	1,1	0,35	0,8	0,8
<b>Kenia</b>	0,6	1,2	0,35	0,8	0,8
<b>Milagro</b>	0,5	1,1	0,35	0,8	0,8
<b>Vida</b>	0,5	1,2	0,35	0,8	0,8
<b>Kamini</b>	0,6	1,3	0,35	0,8	0,8
<b>Denisse</b>	0,4	1,5	0,35	0,8	0,8

