

UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL

SEDE ATENAS

MEDICINA VETERINARIA CON ÉNFASIS EN BUIATRÍA

CORRELACIÓN DE LA PRESENCIA DE CETOSIS SUBCLÍNICA Y CLÍNICA  
CON LA PRODUCCIÓN LÁCTEA, CONDICIÓN CORPORAL, NÚMERO DE PARTOS,  
ÉPOCA DEL AÑO Y EL CONTEO DE CÉLULAS SOMÁTICAS EN 10 HATOS  
LECHEROS DEL CANTÓN DE ZARCERO, COSTA RICA

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA CON ÉNFASIS EN BUIATRÍA

JOSÉ GABRIEL CORRALES BADILLA

ATENAS, COSTA RICA

2023

## DECLARACIÓN JURADA

Yo, José Gabriel Corrales Badilla, portador de la cédula de identidad número 1-1664-0302, estudiante de la Universidad Técnica Nacional (UTN), en la carrera de Medicina Veterinaria con Énfasis en Buiatría, conocedor de las sanciones legales con que la Ley Penal de la República de Costa Rica castiga el falso testimonio y el delito de perjurio que pueda ocasionarse ante el Director de Carrera y quienes constituyen el Tribunal Examinador de este trabajo de investigación, juro solemnemente que este trabajo de investigación es una obra original respetando las leyes y que ha sido elaborada siguiendo las disposiciones exigidas por la Universidad Técnica Nacional, UTN, así como con los derechos de autor.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de Atenas, a los 20 días del mes de Septiembre del 2023.

*José Gabriel Corrales*

---

José Gabriel Corrales Badilla  
1-1664-0302

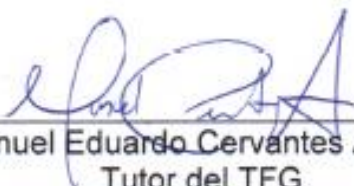
## HOJA DE APROBACIÓN

Este Trabajo Final de Graduación fue aprobado por el Tribunal Examinador como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Medicina Veterinaria con Énfasis en Buiatría.



---

Josué Rivera Castillo  
Director de Carrera



---

Manuel Eduardo Cervantes Aguilar  
Tutor del TFG



---

Daniela Ramirez Zamora  
Lectora TFG



---

Jorge Andrés Campos Alfaro  
Lector TFG

## DEDICATORIA

Este trabajo tan especial se dedica con profundo cariño y gratitud a aquellas personas que han tenido un papel fundamental en diferentes aspectos de mi vida: emocional, físico, mental y académico. En primer lugar, quiero expresar mi dedicación a mis padres, Rigoberto Corrales Calderón y Rosa Hayde Badilla Monge. Su constante apoyo y esmero en proporcionarme la mejor educación y formación han sido invaluable.

En segundo término, mi dedicación se extiende a mis queridos hermanos: Bernardo Corrales Badilla, David Corrales Badilla, Maritza Corrales Badilla y Gina Corrales Badilla. Siempre han sido pilares fundamentales en mi proyecto de vida, compartiendo alegrías y desafíos, y aportando un sentido profundo a mi existencia.

Asimismo, quisiera destacar a mis sobrinos: Alexander Corrales Ureña, Matthias Corrales Ureña y Viviana Cubero Corrales. A pesar de su corta edad, han sido maestros en enseñarme la importancia de ser un tío ejemplar y modelar valores para ellos.

A mi querida pareja, Wendy Jiménez Marín, quiero dedicarle un espacio especial en estas palabras. Tu presencia constante a lo largo del tiempo y tu apoyo incondicional en cada situación han sido un pilar esencial en mi camino.

No puedo dejar de mencionar a mi abuelo paterno, José Luis Corrales, quien goza aún de una salud envidiable, así como a mis abuelos maternos, Ofelia Monge y Bernardo Badilla, y mi abuela paterna, Carmela Calderón, quienes ya descansan en la misericordia de Dios.

También dedico este logro a mis padrinos en la fe católica, quienes me han guiado con sabios consejos y contribuido a forjar la persona que soy hoy. En primer

lugar, a mis padrinos bautismales: Isaac Sánchez, Graciela Badilla y Flor María Monge quien ahora descansan en la paz del Señor. A continuación, mi agradecimiento se dirige a mi padrino de confirmación, Ángel Sánchez.

Finalmente, esta tesis se dedica a los demás allegados, quienes han sido compañeros incansables en los momentos buenos y difíciles, como tíos, primos y a las numerosas amistades que la vida me ha brindado, les expreso mi profundo agradecimiento por su constante presencia y apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco, en primer lugar, a Dios Todopoderoso por brindarme la oportunidad de culminar este logro. En segundo lugar, expreso mi profunda gratitud hacia mis familiares cercanos, como mis padres, hermanos y sobrinos, quienes han brindado un apoyo incondicional en todo momento. Un agradecimiento especial también va dirigido a mi pareja, cuya colaboración fue esencial en la elaboración de este proyecto.

Asimismo, deseo extender mi reconocimiento a los funcionarios del Departamento de Calidad de Leche de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L. Su colaboración y disposición para llevar a cabo este proyecto en conjunto han sido invaluable. Igualmente, agradezco a los productores que generosamente abrieron las puertas de sus granjas, permitiéndome realizar las investigaciones necesarias.

Es imperativo destacar a los lectores, tutores y a la Escuela de Estadística de la Universidad de Costa Rica, quienes generosamente me proporcionaron su inestimable acompañamiento y guía a lo largo del proceso de elaboración de este trabajo de investigación. Sus consejos expertos y sagaces sugerencias desempeñaron un papel fundamental en el avance y éxito de esta labor académica.

En suma, mi gratitud se extiende a cada una de las personas e instituciones mencionadas, cuyo apoyo y colaboración han sido esenciales para alcanzar este importante hito.

## RESUMEN

**Título:** Correlación de la presencia de cetosis subclínica y clínica con la producción láctea, condición corporal, número de partos, época del año y el conteo de células somáticas en 10 hatos lecheros del cantón de Zarcero, Costa Rica.

**Autor:** Jose Gabriel Corrales Badilla

El presente trabajo tuvo como fin determinar la presencia de cetosis bovina subclínica y clínica en 10 hatos lecheros de la zona Zarceros en un total de 121 vacas lecheras por medio de una muestra de sangre evaluado las concentraciones del ácido betahidroxibutirato ( $\beta$ HBA), los valores inferiores a 1,2 mmol/L se consideraron negativos para cetosis, los valores entre 1,2 y 2,9 mmol/L se clasificaron como cetosis subclínica y los valores mayores a 2,9 mmol/L como cetosis clínica. Se determinó una presencia de cetosis subclínica de 12,4% y 0% de cetosis clínica. Los casos positivos a cetosis se correlacionaron con las variables de nivel de producción láctea, condición corporal, número de partos y época del año por medio del análisis estadístico de regresión logística, con el que no se identificó un efecto significativo sobre la manifestación de la cetosis ( $p < 0,05$ ). Además se examinó si casos positivos predisponían a aumentar los niveles de células somáticas en la leche, por medio de un análisis de Fisher, obteniendo ( $p < 0,0305$ ). Los resultados de esta investigación aportan información significativa sobre la correlación entre la cetosis bovina y una serie de variables, por lo que es crucial enfatizar la necesidad de continuar investigando para profundizar en la comprensión de esta afección y su impacto en la producción lechera del ganado bovino.

**Palabras claves:** Cetosis, producción láctea, condición corporal, número de partos, época del año, células somáticas.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
1.1. Problemática .....	17
1.2. Justificación.....	19
1.3. Antecedentes .....	20
1.4. Objetivos .....	24
1.4.1. Objetivo General.....	24
1.4.1.1. Objetivos específicos.....	24
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>25</b>
2.1. Cetosis .....	25
2.1.1. <i>Tipos de cetosis</i> .....	25
2.2. Balance energético negativo .....	26
2.3. Periodo de transición.....	26
2.4. Medidor electroquímico .....	26
2.5. Producción láctea.....	27
2.6. Condición corporal .....	28
2.7. Número de partos .....	29
2.8. Época seca y época lluviosa .....	29
2.9. Mastitis.....	30

2.10. Conteo de células somáticas.....	30
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>31</b>
3.1. Ubicación .....	31
3.2. Muestra .....	31
3.3. Métodos .....	32
3.3.1. Información de los animales a muestrear y actividades a realizar.....	32
Toma de muestra de sangre.....	33
Análisis Ácido beta hidroxibutirato ( $\beta$ HBA) .....	33
Determinación de la producción láctea.....	34
Determinación de la condición corporal .....	34
Determinación del número de partos .....	35
Evaluación de la presencia cetosis durante la estación seca y lluviosa. ....	35
Categorización del conteo de células somáticas.....	35
3.4. Análisis de datos .....	36
3.4.1. Presencia de cetosis subclínica y clínica .....	36
3.4.2. Factores de riesgo asociados con la aparición de cetosis bovina. ....	36
3.4.3. Relación del diagnóstico de cetosis bovina sobre el conteo de células somáticas.....	37
<b>CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>38</b>
4.1. Presencia de cetosis subclínica y clínica.....	38

4.2. Efecto de la época del año, producción láctea, condición corporal, número de partos sobre la presencia de cetosis subclínica . . . . .	38
4.2.1. <i>Época del año</i> .....	40
4.2.2. <i>Producción láctea</i> .....	40
4.2.3. <i>Condición corporal</i> .....	42
4.2.4. <i>Número de partos</i> .....	43
4.3. Relación del diagnóstico de cetosis subclínica sobre el conteo de células somáticas .....	45
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES</b> .....	<b>47</b>
<b>CAPITULO VI. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>48</b>
<b>CAPÍTULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>50</b>
<b>CAPÍTULO VIII. Apéndices y Anexos</b> .....	<b>58</b>

## ÍNDICES DE TABLAS

Tabla 1.	Concentraciones del ácido beta hidroxibutirato para la clasificación de la cetosis en bovinos.....	27
Tabla 2.	Categorización del conteo de células somáticas y su interpretación en la salud de la ubre y la calidad de leche.....	30
Tabla 3.	Resultados del diagnóstico de cetosis bovina en los 10 hatos lecheros del canton de Zarcero, Costa Rica.....	38
Tabla 4.	Resultados de la producción láctea de las hembras bovinas en conjunto con el diagnóstico de cetosis en el cantón de Zarcero. ....	41
Tabla 5.	Resultados de la condición corporal de las hembras bovinas conjunto con el diagnóstico de cetosis en el cantón de Zarcero.....	42
Tabla 6.	Resultados del número de partos de las hembras bovina conjunto con el diagnóstico de cetosis en el cantón de Zarcero.....	44
Tabla 7.	Resultados conteo de células somáticas de las hembras bovinas en conjunto con el diagnóstico de cetosis en el cantón de Zarcero.....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación esquemática de la curva de producción, curva de peso corporal y curva de consumo de materia seca, en vacas lecheras. ....	28
Figura 2. Clasificación del grado de condición corporal en una escala de 1 a 5 en ganado lechero. ....	29
Figura 3. Ecuación estadística del número total de individuos a muestrear en los 10 hatos lecheros del cantón de Zarceró.....	32
Figura 4. Fórmula estadística para determinar la presencia de cetosis clínica y subclínica en los hatos lecheros del cantón de Zarceró en el período de invierno-verano. ....	36

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

**$\beta$ HBA**: Ácido betahidroxibutírico.

**mmol/L**: Milimol por litro

**INEC**: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

**CC**: Condición corporal.

**CCS**: Conteo de células somáticas.

**msnm**: Metros sobre el nivel del mar

**m<sup>3</sup>**: Metros cúbicos

**mm**: Milímetros

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La hipercetonemia también conocida como cetosis, es una enfermedad metabólica, generada por el incremento de los niveles de cuerpos cetónicos en la sangre, en especial el Ácido Betahidroxibutirato ( $\beta$ HBA). Consecuentemente, la enfermedad trae consigo un aumento de problemas de salud durante el inicio de la lactancia, causando efectos negativos en la sostenibilidad de los hatos ganaderos lecheros (Benedét, 2019).

La cetosis se puede clasificar en dos tipos: primeramente, la cetosis subclínica, en la cual no se evidencian signos clínicos específicos; sin embargo, se puede denotar una marcada disminución en la producción láctea. Posteriormente podría avanzar a cetosis clínica, en donde se evidencian signos clínicos como aliento cetónico, anorexia, pérdida de peso, cojeras y disminución en la producción de leche (Ruegg, 2001, como se citó en Hernández, 2015). Se calcula una disminución en la producción láctea alrededor de 1,88Kg/Día. Además, se denota una mayor predisposición a enfermedades cuando las vacas dan a luz en la época seca, esto correlacionado con la disponibilidad y calidad de los alimentos (Duffield, 2009, como se citó en Garzón, 2018).

Por otra parte, las altas condiciones corporales, generadas por la sobrealimentación y el sobre acondicionamiento al momento de la gestación de las vacas, aumentan las probabilidades de presentar cetosis subclínica o clínica (Goff, 1997, como se citó en Hajek y Mansfeld, 2019). De igual forma, según (Berge y Vertenten, 2018) la hipercetonemia conduce a una inmunosupresión, lo

cual conduce a una mayor predisposición de padecer de mastitis en las vacas lecheras, aumentando así los niveles de células somáticas en leche.

Cabe destacar que como parte de esta investigación se estableció la presencia de cetosis subclínica y clínica en 121 animales de 10 fincas ubicadas en el cantón de Zarceró, por medio del análisis en sangre entera de los niveles de los cuerpo cetónico  $\beta$ HBA, mediante un medidor electroquímico (Optium Xceed) y se correlacionaron los casos positivos con la producción láctea, condición corporal, número de partos, así como su efecto de la cetosis sobre el conteo de células somáticas, con la finalidad de contribuir al mejoramiento de la salud del ganado y la calidad de los productos lácteos.

En el análisis de los resultados, se constató que 15 hembras presentaron cetosis subclínica, mientras que 106 no mostraron indicios de esta condición metabólica. Por lo cual se puede establecer que la presencia de cetosis subclínica en los 10 hatos lecheros alcanzó el 12,4%. Resulta importante mencionar que este porcentaje se encuentra en línea con los valores documentados, tanto a nivel nacional como internacional, aportando una coherencia respaldada por la literatura existente.

Por otro lado, se investigó en profundidad la posible influencia de factores como la producción láctea, la condición corporal, el número de partos y la época del año en la presencia de cetosis subclínica. Los resultados alcanzados revelan, de manera concluyente, que ninguno de estos factores impacta directamente sobre la cetosis. Estas conclusiones se sustentan en la ausencia de valores de probabilidad que hayan llegado a un nivel por debajo del umbral de significancia, establecido en 0,05. De esta forma, se puede afirmar que estos factores no

presentan una relación estadísticamente significativa con la presencia de cetosis subclínica.

Adicionalmente, se pudo establecer un impacto de la cetosis en el conteo de células somáticas. Por medio del análisis de Fisher, se obtuvo un valor de probabilidad de 0,0305. Este resultado señala que existe una variación en la proporción de la presencia de cetosis subclínica, en relación con el conteo adecuado de células somáticas entre las hembras con diagnóstico negativo y aquellas con diagnóstico positivo de cetosis.

En conclusión, estos resultados aportan claridad sobre la presencia de cetosis subclínica en hatos lecheros y su posible relación con factores individuales. Asimismo, se debe tomar en cuenta la importancia de considerar el conteo de células somáticas como un indicador potencial de esta condición metabólica. Estos hallazgos refuerzan el conocimiento en el campo y proporcionan una base sólida para futuras investigaciones y enfoques en la gestión de la salud del ganado lechero.

## 1.1. Problemática

Las hembras bovinas con presencia de cetosis evidencian un incremento de los ácidos grasos circulantes no esterificados, así como de citoquinas, adipoquinas y proteínas de fase aguda, presentando un sistema inmunológico comprometido. A su vez, los casos de cetosis clínica que no reciban tratamiento, pueden evolucionar a una sintomatología nerviosa, como lameteo constante, convulsiones, ceguera y ataxia (Pérez et al., 2019, Huertas et al., 2020).

La cetosis bovina se relaciona con algunas enfermedades postparto entre las cuales se citan: desplazamiento de abomaso, metritis consecuentemente una disminución de la fertilidad, además, descarte de animales, pérdidas económicas a los productores lecheros (Raboisson et al., 2014, Pérez et al., 2019).

Los costos asociados a cetosis se han cuantifican en promedio en 117 dólares y se subdividen en los siguientes porcentajes: Un 34 % se debe pérdidas reproductivas, el 26 % por muertes, el 26 % por pérdidas en la producción de leche, el 8 % por descarte de animales, el 3 % se debe a tratamientos, además el 2 % a mano de obra, y por último, el 1% al diagnóstico como tal (McArt et al., 2015).

Se ha evidenciado, la disminución en el consumo de materia seca en vacas en las últimas tres semanas de gestación, alrededor de un 30% (Hayirli, 2002, como se citó en Mellado et al., 2018). Esto genera una baja en la condición corporal y aumento de los requerimientos energéticos para la producción de leche, provocando un balance energético negativo durante la fase inicial de la lactación (Torres et al., 2017).

Se ha reportado una reducción de 1,88 kg/día en la producción láctea, lo cual conduce a una pérdida de 300 Kg de leche en una lactancia de 305 días, aproximadamente. También se ha demostrado que la cetosis predispone a sufrir desplazamiento de abomaso y metritis. A su vez, se manifiesta una reducción de 25% en la tasa de concepción de la primera inseminación, en vacas que desarrollen cetosis en la primera semana postparto y alrededor de 40-50%, en vacas que se desarrollen cetosis entre las dos primeras dos semanas postparto (Duffield, 2009, como se citó en Garzón, 2018).

Como antes se menciona la cetosis desarrolla un sistema inmunocomprometido, que afecta indirectamente a la glándula mamaria, provocando mastitis en los hatos lecheros y su incidencia ronda entre 16% y 27%. Igualmente, la mastitis se relaciona una disminución en la producción láctea y en la calidad de leche, trayendo consigo pérdidas económicas de importancia, ya que se estima un costo de 95-211 dólares por vaca que presente mastitis (Pérez et al., 2019).

Los autores Vanholder et al. (2015), cuantificaron que alrededor del 30% al 50% de las vacas lecheras, experimentan el desarrollo de enfermedades metabólicas o infecciosas en el momento del parto o posterior a este. También se determinó que las vacas que tenían sus partos en el mes de agosto y septiembre tienen menor predisposición a padecer de hipercetonemia en comparación con las vacas que parían en mayo. Adicionalmente, se cita que la aparición de cetosis subclínica favorece al desarrollo de cetosis clínica.

Por su parte, Cainzos et al. (2022), concluyen que existe un faltante en la planificación de los programas de detección de cetosis, lo cual podría conducir al

desarrollo de casos de mayor gravedad y afectar económicamente por motivos de tratamientos u otras consecuencias. Señalan en su estudio que la cetosis es la puerta de entrada de otras enfermedades asociadas.

## **1.2. Justificación**

Se deben desarrollar mecanismos rápidos y eficientes, a nivel de campo con el fin de detectar la presencia de cetosis en los hatos ganaderos, y así contribuir a reducir la prevalencia de cetosis clínica y subclínica. Dichos planes consisten en implementar diagnósticos tempranos en cada animal, así como implementar prácticas nutricionales y cambios de manejo a nivel de las fincas (Saborío, 2013).

Cabe señalar que Brunner et al. (2018), evidenciaron un ahorro de \$584 por año al reducir en un 1% la incidencia de cetosis subclínica. Por tal motivo es crucial realizar prácticas de manejo que reduzcan o eliminen las enfermedades metabólicas en las hembras bovinas, con el objetivo de mitigar los impactos negativos relacionados con el rendimiento productivo y reproductivo; además de ser una enfermedad que contribuye a la aparición de otras enfermedades.

Al proseguir con las enfermedades secundarias, se ha comprobado que las vacas que presentan cetosis se asocian con mayores probabilidades de padecer metritis, mastitis, desplazamiento de abomaso, cetosis clínica, cojera y trastornos gastrointestinales (Berge y Vertenten, 2018). En ese sentido, es necesario realizar planes de muestreo que anticipen la presentación de cetosis en los hatos ganaderos y consecuentemente enfermedades secundarias.

En Costa Rica se estima un total de 1.427.793 bovinos; el ganado de leche representa el 14,5% y el ganado doble propósito alrededor de 22,8%

(INEC, 2020). Estas cifras muestran la importancia de la ganadería a nivel nacional, como fuente de empleo de muchas personas, por lo que los profesionales en salud animal, tal como los médicos veterinarios y agrónomos, son responsables de asesorar e investigar para garantizar una ganadería sostenible asociada a la economía con la producción. Al mismo tiempo, la producción láctea provee aportes económicos considerables, con un valor agregado de las actividades pecuarias de 43,6% y un 54,8% de las exportaciones del sector agropecuario. De ese modo, resulta de suma de importancia determinar la presencia de estas enfermedades, tratarlas y mantener mecanismos profilácticos en los hatos ganaderos (Torres et al., 2017).

En el país, Saborío y Sánchez (2016), no encontraron evidencia justa para asegurar que la cetosis bovina incida sobre la producción láctea y el estado reproductivos de las vacas. No obstante, mencionan que se deben realizar más investigaciones con el propósito de establecer la prevalencia de cetosis en los hatos ganaderos de Costa Rica.

### **1.3. Antecedentes**

Los autores Cucunubo et al., (2013), interpretaron los niveles de concentración del  $\beta$ HBA  $< 1,2$  mmol/L como cetosis subclínica, la cual no evidencia signos clínicos aparentes. Además, consideran que las concentraciones plasmáticas  $1,2$  mmol/L, aumentan en 4,7 veces la aparición de cetosis clínica. Asimismo, citan una reducción de un 25% en la tasa de preñez por medio de inseminación artificial en los casos que las concentraciones plasmáticas se encuentren en  $1,0$  mmol/L en la primera semana postparto.

La prevalencia de cetosis subclínica a nivel mundial, ronda entre 7-32%, encontrando una mayor presentación en la 4° semana postparto, aunque el rango se evidencia desde la 2° hasta la 7° semana postparto. También indica que en vacas de primer parto es infrecuente pero no imposible hallar cetosis. El episodio tiene en promedio una duración de 16 días (Dohoo, 1984, como se citó en Garzón, 2018).

A su vez, Brunner et al. (2018), citan una prevalencia de 24,1% de cetosis subclínica a nivel mundial, tomando en cuenta países como Colombia, el cual mantiene la prevalencia de menor valor con 8,3% y Nueva Zelanda la de mayor valor, con un 40,1%; mientras otros países establecen los siguientes porcentajes: México (14,1), Brasil (10,7), Chile (14,8), Argentina (18,8), Suráfrica (17,0), Ucrania (39,0), Rusia (14,1), China (32,9), Tailandia (24,1) y Australia (9,6).

Se suman Berge y Vertenten (2018), quienes por medio de un análisis en leche con la prueba Keto  $\geq 100$   $\mu\text{mol/L}$ , determinaron diferencias prevalencias de la enfermedad en distintos países tales: 43% en Alemania, 53% en Francia, 31% en Italia, 46% en los Países Bajos y 31% en el Reino Unido. Las vacas que parieron entre los meses de abril y junio tenían el doble de probabilidades de presentar cetosis, en comparación con las vacas que parieron entre julio y septiembre. Por otro lado, las vacas con 2 a 7 partos, tienen entre 1,5 a 2,8 veces más probabilidades de presentar cetosis.

Se puede incluir que Huertas et al. (2020), determinaron la prevalencia de cetosis clínica y subclínica en un total de 1.149 animales, distribuidos en 40 municipios de Colombia. Por medio de la medición de las concentraciones del

$\beta$ HBA, en sangre y establecieron un total de 7,3% de cetosis subclínica y un 0,6% de cetosis clínica.

Los autores Tatone et al. (2017), demostraron que las estaciones climáticas intervienen en la aparición de cetosis, cuyo estudio determinó que la aparición en verano es de 20%; en otoño 18%, en invierno 26% y primavera 25%. De la misma forma, Garzón (2018) concluyó que el momento del parto en época de verano presenta un factor predisponente a la aparición de cetosis, lo cual se correlaciona con la disponibilidad y calidad de la alimentación, siendo este argumento un punto de interés en climas tropicales, donde se evidencia un impacto directo sobre la nutrición de los animales.

Además, Berge y Vertenten (2018), evidenciaron que las vacas diagnosticadas con cetosis tienen el doble de posibilidades de padecer un evento de mastitis a los 35 días de lactancia. Por su lado, Benedét (2019), manifiesta que se espera un mayor recuento de células somáticas en vacas con hipercetonemia, ya que del 100% de las diagnósticas con cetosis bovina el 61,3% presentaron mastitis, en comparación con vacas sin cetosis.

En Costa Rica, Saborío (2013), estableció la prevalencia de cetosis en una finca del cantón de Oreamuno de Cartago, en donde se muestreó 203 vacas raza Jersey, que tuviesen de 1 lactación como mínimo y 10 como máximo, realizando dos periodos de muestreo ( $8 \pm 3/ 30 \pm 3$  días posparto) y hallando resultados de cetosis subclínica desde 4,27%- 9,65% y 0%-3,51% de cetosis clínica.

Al efecto Torres et al. (2017), determinaron la prevalencia de la cetosis por medio del análisis  $\beta$ HBA, cuyos valores obtenidos fueron de 14,3% en cetosis

subclínica y de 2,5% con cetosis clínica, con un promedio de prevalencia de 16,8%.

Por su parte, Saborío y Sánchez, (2016), realizaron un estudio en Oreamuno de Cartago sobre el desempeño productivo en vacas multíparas, evidenciando diferencias de 597 Kg de leche, al comparar una lactación de 305 días, en donde vacas positivas a cetosis tuvieron una producción de 5.734 kilogramos, mientras tanto las vacas negativas a cetosis, produjeron 6.331 Kg de leche.

Por último, Salazar (2020), realizó una investigación en tres hatos ganaderos en el distrito de Las Brisas del cantón de Zarcerro, comprobando la presencia de cetosis clínica en un 30%, durante la primera y cuarta semana postparto. A su vez describe una disminución en la producción láctea alrededor de un 1,02 Kg. También cita que las vacas con una condición corporal entre 3.5-4 tienen 1,5 mayor predisposición a padecer cetosis subclínica y que las multíparas, tienen el doble de probabilidades de padecer cetosis subclínica.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Relacionar la presencia de cetosis subclínica y clínica con la producción láctea, condición corporal, número de partos y época del año, así como el efecto de la cetosis sobre el conteo de células somáticas, mediante un modelo de regresión logística y prueba exacta de Fisher, para la predicción del riesgo de cetosis y de un conteo alto de células somáticas en los 10 hatos lecheros del cantón de Zarceró.

#### **1.4.1.1. Objetivos específicos.**

Establecer la presencia de cetosis subclínica y clínica mediante la medición de la concentración en sangre del ácido betahidroxibutirato para conocimiento del estado actual de la enfermedad en los hatos muestreados.

Determinar el efecto de la producción láctea, condición corporal, número de partos, y época del año sobre la presencia de cetosis subclínica y clínica, mediante la aplicación de un modelo de regresión logística para la predicción de riesgo de padecer la enfermedad en los 10 hatos lecheros del cantón de Zarceró.

Evaluar la relación del diagnóstico de cetosis subclínica y clínica sobre el conteo de células somáticas mediante una prueba exacta de Fisher, para la asociación de esta enfermedad con valores anormales de células somáticas en leche.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describen diversos conceptos relacionados con la enfermedad metabólica de cetosis bovina, así como los tipos, definiciones de cuerpos cetónicos, medidor del  $\beta$ HBA, periodo de transición, balance energético negativo, triglicéridos, condición corporal, número de partos, pico de lactación, mastitis y células somáticas.

### **2.1. Cetosis**

También conocida como hipercetonemia, es una enfermedad metabólica causada por altas concentraciones de cuerpos cetónicos, como el betahidroxibutirato, acetoacetato y acetona. Si bien estos cuerpos cetónicos son una fuente de energía para las vacas adultas, cuando su producción supera la capacidad del organismo, pueden provocar depresión en la gluconeogénesis, el consumo de alimentos y el sistema inmunológico, lo que resulta en un balance energético negativo (Cucunubo et al., 2013; Huertas y Olivera, 2019).

#### ***2.1.1. Tipos de cetosis***

La cetosis bovina se puede clasificar en dos tipos de manifestaciones. La primera es la cetosis subclínica, en la cual se presenta un aumento en los niveles de cuerpos cetónicos en sangre, leche y orina, pero sin la presencia de signos clínicos. Asimismo, se puede definir como un incremento en las cetonas circulantes, evidenciando una disminución en la salud o productividad. La segunda forma es la cetosis clínica, que se observa en vacas altas productoras y se caracteriza por la inapetencia progresiva, disminución en el peso corporal, heces secas, pica y disminución en la producción láctea. Además, puede

presentarse una forma nerviosa, en la cual se observa ceguera aparente, anormalidades en el desplazamiento, hiperestesia, déficit propioceptivo, temblores, agresividad y lamido constante (Garzón, 2018).

## **2.2. Balance energético negativo**

Este balance se refiere a un déficit de energía que puede resultar en la movilización de las reservas de grasa o triglicéridos. Estos últimos son hidrolizados en diacilgliceroles y monoacilglicéridos, liberando ácidos grasos que se utilizan como fuente de energía para el mantenimiento básico, la preñez y la lactancia de las vacas. Este problema es común en el ganado lechero durante la etapa de periparto debido a los cambios hormonales, la labor de parto, la lactancia y una ingesta insuficiente de alimentos, lo que puede resultar en bajos niveles de glucosa en la sangre del animal (Pérez, 2018 y Huertas, 2019).

## **2.3. Periodo de transición**

Consiste en el lapso que abarca las últimas tres semanas antes del parto y las tres semanas posteriores al parto. Este periodo se considera crítico en los hatos lecheros, dado que durante este tiempo las vacas necesitan ajustar su metabolismo para distribuir los nutrientes y la energía de manera eficiente y así desarrollar una producción láctea óptima. Se suma el hecho que este periodo está relacionado con la aparición de la cetosis en los hatos ganaderos (Vanholder et al., 2015).

## **2.4. Medidor electroquímico**

Para diagnosticar la cetosis, se utiliza una muestra de sangre entera que se analiza mediante un medidor de  $\beta$ -hidroxibutirato, como el FreeStyle Optium Neo, que es un equipo portátil de función electroquímica. Este equipo utiliza tiras

reactivas que contienen una enzima llamada  $\beta$ -hidroxibutirato deshidrogenasa para determinar la concentración de  $\beta$ HBA en la muestra de sangre. La prueba tiene una sensibilidad del 96% y una especificidad del 97%, de acuerdo con Garzón y Oliver (2018). Los valores de referencia para determinar el tipo de cetosis se pueden observar en la Tabla 1, a continuación:

**Tabla 1.**

*Concentraciones del ácido beta hidroxibutirato para la clasificación de la cetosis en bovinos.*

Concentraciones de ácido Beta hidroxibutirato	Clasificación de Cetosis
(< 1,2 mmol/L)	Negativo a cetosis
(1,2- 2,9 mmol/L)	Cetosis Subclínica
(> 2,9 mmol/L)	Cetosis clínica

**Fuente:** Elaboración propia, adaptado de Godden (2010), McArt (2011), Pérez, (2018).

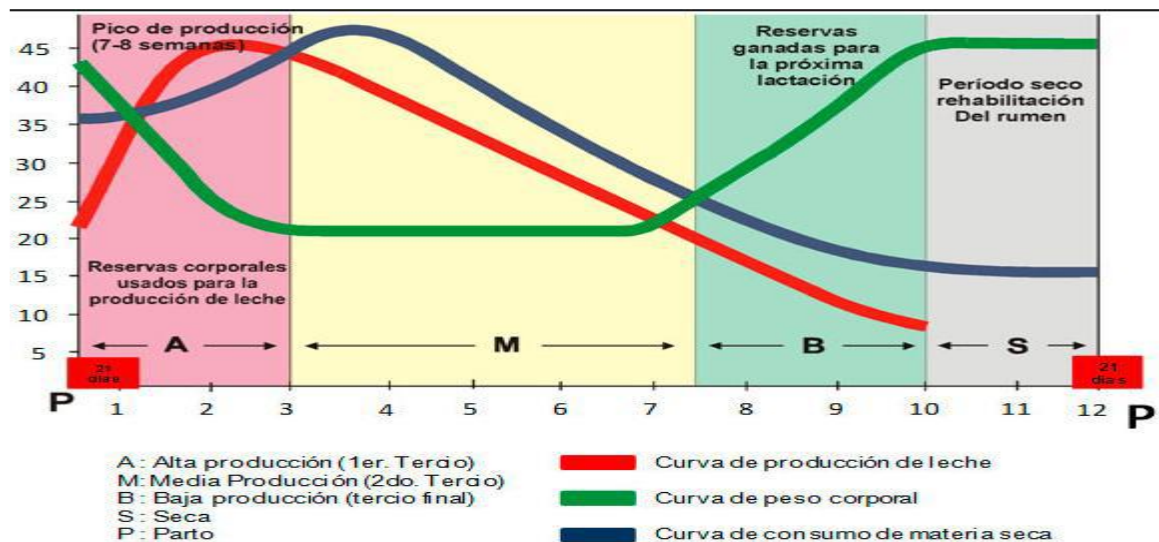
Consecuentemente, la cetosis bovina tiene varios factores predisponentes a su aparición. Entre ellos se encuentran los que se detallan seguidamente.

## 2.5. Producción láctea

Es el reflejo de la curva de producción, que es una representación gráfica de la producción de leche. Se observa un incremento paulatino desde el momento del parto hasta alcanzar el pico de producción, alrededor de las 8<sup>o</sup> semana postparto, y luego inicia un declive paulatino hasta alcanzar el periodo seco, alrededor de los 305 días de lactancia (Hernández et al., 2015). Como se aprecia en la Figura 1.

**Figura 1.**

*Representación esquemática de la curva de producción, curva de peso corporal y curva de consumo de materia seca, en vacas lecheras.*









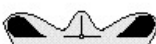















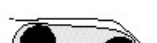


**Fuente:** Hernández et al. (2015).

## 2.6. Condición corporal

Se define como una medida subjetiva de la grasa subcutánea que posee el animal (Figura 2). Esta evaluación se realiza de forma visual y táctil en diferentes puntos anatómicos estratégicos del animal (Saborío y Sánchez, 2014).

## Figura 2.

*Clasificación del grado de condición corporal en una escala de 1 a 5 en ganado lechero.*

Grado de condición corporal	Vértebra en la espalda	Aspecto posterior del hueso pélvico	Aspecto lateral de la línea entre las caderas	Cavidad entre cota y la tuberosidad isquiática	
				Aspecto posterior	Aspecto lateral
1 Subcondicionamiento severo					
2 Esqueleto obvio					
3 Buen balance de esqueleto y tejidos superficiales					
4 Esqueleto no tan obvio como tejidos superficiales					
5 Sobrecondicionamiento severo					

**Fuente:** Frasinelli et al. (2004).

### 2.7. Número de partos

Se define como la cantidad de partos que ha tenido un animal a lo largo de su vida y tiene importancia clínica, ya que se asocia con una mayor producción, a medida que aumenta el número de partos (Huertas et al., 2020).

### 2.8. Época seca y época lluviosa

Se considera que en el país se experimentan dos épocas bien marcadas. La primera de ellas es la época seca, que se extiende de diciembre hasta marzo, siendo este último el mes más seco. Posteriormente, el mes de abril se considera un periodo de transición. Seguidamente, se establece la época lluviosa, que se extiende del mes de mayo a octubre, y el mes de noviembre se considera un mes de transición (Rodríguez, 2019).

## 2.9. Mastitis

La mastitis se refiere a la inflamación de la ubre, en la que se perciben cambios en la glándula mamaria, como rubor, edema, dolor y temperatura, y anormalidades fisicoquímicas de la leche (Hajek y Mansfeld, 2019).

## 2.10. Conteo de células somáticas

Acompañado al padecimiento de mastitis, se da un aumento en el conteo de células somáticas, que hace referencia al número de células por mililitro de leche, en las cuales se perciben células epiteliales e inmunes, como neutrófilos polimorfonucleares, granulocitos, macrófagos y linfocitos (Bedolla y Hernández, 2008) (Tabla 2).

### Tabla 2.

*Categorización del conteo de células somáticas y su interpretación en la salud de la ubre y la calidad de leche.*

Conteo de células somáticas	Interpretación
(>200.000)	Estado normal de la ubre y de calidad de la leche.
(<200.000)	Mastitis y una deficiente calidad de leche.

**Fuente:** Elaboración propia, adaptado de Bedolla y Hernández, (2008).

## **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Ubicación**

El proyecto se llevó a cabo en hatos ganaderos pertenecientes al cantón de Zarceró, provincia de Alajuela, cuya ubicación está dada por las coordenadas 10°13'13" latitud norte y 84°25'06" longitud oeste. La altitud aproximada es 1.736 metros sobre el nivel del mar (msnm); además, se cuantifican unas precipitaciones anuales que varían entre 1500 y 3500 metros cúbicos (m<sup>3</sup>), y presenta una humedad de 81% y una temperatura de 17 °C en promedio (Rodríguez, 2019).

### **3.2. Muestra**

Con estos fines se contó con un total de 10 hatos ganaderos asociados a la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L., cuyos propietarios estuvieron anuentes a participar en el estudio y cumplían con los requisitos de ser lecherías especializadas, disponer de registros actualizados del número y fecha de partos, así como pesajes semanales de leche, siendo una población total de individuos en las 10 fincas de 662 animales.

El proyecto contaba con capacidad de muestrear un total de 121 animales, lográndose cubrir la cantidad mínima de muestra estimada (103), según el tamaño de la población en estudio (Figura 3).

Se realizó una distribución equitativa de las muestras entre el número de fincas, buscando facilitar el análisis comparativo entre ellas y siguiendo una estrategia de muestreo por cuotas, donde las hembras bovinas debían encontrarse en un período postparto de entre 2 y 4 semanas,

independientemente al número de partos. De igual modo, la muestra se distribuyó en dos periodos, analizando en total 12 animales por finca, 6 en época seca y 6 época lluviosa.

### Figura 3.

*Ecuación estadística del número total de individuos a muestrear en los 10 hatos lecheros del cantón de Zarceiro.*

$$n = \frac{N * Z_a^2 p * q}{d^2 * (n - 1) + Z_a^2 p * q}$$

$$n = \frac{662 + (1,96)^2 + 0,087 * (1 - 0,087)}{0,05^2 * (662 - 1) + 0,087 * (1 - 0,087)}$$

**Fuente:** Elaboración propia, adaptado de Barajos (2005).

Donde:

- $n$ = tamaño de la muestra
- $N$ = total de la población
- $Z_a^2$ = 1,96<sup>2</sup> (certidumbre del 95%)
- $p$ =probabilidad del éxito de las vacas presenten cetosis (8,7%)
- $q$ =1- $p$
- $d$ =margen de error máximo admitido (5%)

### 3.3. Métodos

#### 3.3.1. Información de los animales a muestrear y actividades a realizar.

El estudio se efectuó en dos periodos de muestreo. El primero se realizó durante la época lluviosa y el segundo en la época seca. En ambos periodos se llevaron a cabo diversas actividades, como visitas y análisis de las fincas para

conocer los registros y la predicción de partos. Además, se tomaron muestras de sangre y leche, a las vacas en postparto durante cuatro semanas. Los productores efectuaron pesajes semanales de la leche producida por las vacas seleccionadas en la muestra en el lapso de ocho semanas.

Se recopiló la información sobre los animales en las visitas, incluyendo los datos de interés que se debían muestrear, como la identificación (ID), el número de partos, la fecha, las semanas postparto en las que se realizó el muestreo para detectar cetosis, la condición corporal (CC), la concentración de  $\beta$ HBA y su interpretación como diagnóstico de cetosis, y, por último, el conteo de células somáticas (CCS).

#### ***Toma de muestra de sangre***

Para realizar la extracción de la muestra sanguínea, se procedió a restringir a las vacas en una manga o cepo y sujetarlas de la cola. Se aplicaron medidas antisépticas con algodón y alcohol-yodo en la zona de la vena coccígea. Se extrajo la muestra de sangre a 0,5 ml por medio de una jeringa, y se requirió una gota para realizar el análisis del BHBA.

#### ***Análisis Ácido betahidroxi butirato ( $\beta$ HBA)***

Se procedió a medir los índices de  $\beta$ HBA por medio del medidor Optium Xceed de Laboratorios Abbott, en el cual se colocó la tira reactiva para cetonas que contienen la enzima betahidroxi butirato deshidrogenasa. Se puso una gota de sangre en la tira reactiva, generando una reacción del oxidativa del  $\beta$ HBA hacia acetoacetato. Se esperó por 10 segundos y, seguidamente, se determinaron los índices de  $\beta$ HBA, cuando marca E-7 describe que el proceso

no fue correcto y se tiene que volver a tomar de nuevo la muestra (Oetzel, 2012, como lo citó García, 2013).

Las concentraciones del  $\beta$ HBA y las clasificaciones del tipo de cetosis se presentan en la Tabla 1.

### ***Determinación de la producción láctea.***

Se determinó la producción láctea de cada una de las fincas, realizando pesas de leche semanales durante las primeras ocho semanas postparto, a las vacas que resultaron positivo o negativo a cetosis. Luego de este proceso, se analizó el comportamiento de la curva de producción y se categorizó como un evento normal cuando no se observaba una diferencia mayor a 1,5 litros, en comparación con el pesaje de la semana anterior, y como anormal si se detectaba una disminución superior a 1,5 litros. Dicho criterio se estableció conforme lo señalado por Garzón (2018), quien calculó una disminución en la producción láctea alrededor de 1,88 Kg/día en animales con cetosis. Esto se relaciona con lo mencionado por Castillo et al. (2019), quienes consideran que la producción se ve afectada por factores propios del animal y del ambiente en sí.

### ***Determinación de la condición corporal***

Esta determinación está dada por una clasificación de 1 a 5 puntos (Figura 2), en el cual el grado 1 es una vaca delgada y 5 una obesa, evaluándose las vértebras lumbares, el aspecto posterior del hueso pélvico, el aspecto de la línea entre caderas y la cavidad existente entre la cola y la tuberosidad isquiática. Estas evaluaciones pueden aumentar o disminuir en 0,25, según la escala (Frasinelli et al., 2004, Saborío y Sánchez, 2014). Las evaluaciones se clasificaron en tres distintos rangos, a saber: las vacas que se encontraban entre

1-2,25 se consideraron bajas de CC; los individuos con clasificación ideal estaban entre 2,25-3,5 y finalmente las hembras que tuviesen un rango mayor a 3,5 se consideraron con alta CC.

### ***Determinación del número de partos***

La determinación de los números de partos se hizo por medio de indagaciones de los registros reproductivos del sistema computarizado VAMPP. Se subdividieron en tres categorías: vacas primíparas con un parto, animales con 2-3 partos y finalmente más de tres partos.

### ***Evaluación de la presencia cetosis durante la estación seca y lluviosa.***

Se ejecutaron dos muestreos, siendo el primero de ellos en la época lluviosa y el segundo en la seca, con la finalidad de determinar si existe una diferencia estadística entre las estaciones climáticas. Los meses de la época lluviosa del país van desde mayo hasta octubre; mientras tanto, el periodo de época seca se establece entre los meses de diciembre y hasta marzo (UNED, 2013).

### ***Categorización del conteo de células somáticas***

Para realizar el conteo de células somáticas, se requirió una muestra de leche que se extrajo de forma manual. Se descartaron los primeros cuatro chorros y se recolectaron de tres a cuatro chorros por cada cuarto de la ubre en una bolsa estéril. Estas muestras se transportaron en hieleras hacia los laboratorios de calidad de leche de la Cooperativa Dos Pinos, donde se estableció el número de células somáticas por medio del equipo Fossomatic 7. Los resultados de cada una de las vacas muestreadas se interpretaron como variables categóricas. Se consideró un estado adecuado de la ubre y una calidad

de leche fisiológica a aquellos valores menores a 200.000; mientras que valores superiores a 200.000 indicaron la presencia de mastitis y una calidad de leche deficiente (Tabla 2).

### 3.4. Análisis de datos

#### 3.4.1. Presencia de cetosis subclínica y clínica

Con el propósito de conocer la presencia de cetosis subclínica y clínica en los hatos lecheros del cantón de Zarceró, se utilizó la fórmula estadística de presencia (Figura 4).

#### Figura 4.

*Fórmula estadística para determinar la presencia de cetosis clínica y subclínica en los hatos lecheros del cantón de Zarceró en el período de invierno-verano.*

$$\text{Presencia: } \frac{\text{N}^\circ \text{ de animales positivos}}{\text{N}^\circ \text{ total de animales muestreados}} \times 100$$

**Fuente:** Larrieu (2003).

#### 3.4.2. Factores de riesgo asociados con la aparición de cetosis bovina.

Se comprobaron los factores de riesgo potencialmente asociados con la aparición de cetosis subclínica y clínica en los hatos lecheros de Zarceró. Para esto, las variables independientes incluyeron la producción láctea y pico de producción, condición corporal, número de partos y época del año; mientras que la variable dependiente fue la presencia de cetosis. Se utilizó la regresión logística a través del paquete GLM del software R, con un nivel de significación de 0.05. Se llevaron a cabo pruebas de Chi-cuadrado de Pearson para evaluar una disparidad entre los resultados previstos y los registrados en una o varias

categorías. Además, la prueba exacta de Fisher para estudiar si las proporciones de una variable difieren en comparación al valor de otra variable. Por último, se estimará la razón de propensiones con un nivel de confianza del 0,95.

Se ajustó un modelo con la variable respuesta diagnóstico y las variables explicativas número de parto, condición corporal, producción normal de leche y época.

El modelo ajustado es:

$$\log\left(\frac{\pi_i}{1-\pi_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 \cdot NParto + \beta_2 \cdot CC + \beta_3 \cdot Epoca + \beta_4 \cdot Prodroduccion$$

Donde:

- $\pi_i$  es la probabilidad de un diagnóstico de cetosis subclínica.
- $\beta_0$  es el intercepto.
- $\beta_1$  corresponde al coeficiente asociado a la variable número de parto (NParto).
- $\beta_2$  corresponde al coeficiente asociado a la variable condición corporal (CC).
- $\beta_3$  es el coeficiente asociado a la variable época.
- $\beta_4$  es el coeficiente asociado a la variable producción normal de leche donde la categoría de referencia es producción anormal.

### **3.4.3. Relación del diagnóstico de cetosis bovina sobre el conteo de células somáticas**

Se efectuó una prueba exacta de Fisher, utilizando una tabla de contingencia que estableció el recuento de células somáticas, tanto normales como anormales, en relación con la presencia o ausencia de cetosis. Lo anterior, con un valor de ( $p < 0,05$ ), indicando una asociación significativa entre las variables analizadas.

## CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Presencia de cetosis subclínica y clínica

Se determinó que del total de hembra bovinas evaluadas, 106 de ellas presentaron resultados negativos a cetosis; mientras que las restantes 15 hembras exhibieron indicios de cetosis subclínica. No se identificaron animales con signos de cetosis clínica durante el desarrollo del estudio (Tabla 3).

#### Tabla 3.

*Resultados del diagnóstico de cetosis bovina en los 10 hatos lecheros del cantón de Zarceiro, Costa Rica.*

Época	n	Diagnóstico		Presencia (%)
		Negativo	Cetosis Subclínica	
Verano	60	53	7	11,67
Invierno	61	53	8	13,11
Total	121	106	15	12,40

**Fuente:** Elaboración propia.

La presencia de cetosis subclínica durante el periodo de invierno fue 11,67%; mientras que en el periodo de verano alcanza un valor aproximado del 13,11%. En promedio, la presencia de cetosis en los hatos evaluados fue de 12,40% (Tabla 3). Estos hallazgos son de gran relevancia, ya que los valores se encuentran dentro del rango de datos internacionalmente reconocidos, conforme lo reportado por Brunner et al. (2018), con un rango de valores 8,3% a 40,1%. De igual manera, los resultados se alinean con las cifras nacionales previamente establecidas por Saborío (2013) y Torres et al. (2017), de 6,9% y 14,3%, respectivamente. Es importante destacar que, durante el estudio, no se

registraron casos de cetosis clínica, por lo que la presencia de esta condición es del 0%.

Con base en el diseño de muestreo realizado, se podría esperar que el comportamiento de la presencia de cetosis subclínica en otros establecimientos lecheros ubicados en la región de Zarceró, sea similar a los resultados alcanzados, siempre y cuando posean las características similares a los hatos que se evaluaron.

#### **4.2. Efecto de la época del año, producción láctea, condición corporal, número de partos sobre la presencia de cetosis subclínica.**

Al considerar la presencia como variable dependiente y analizar su relación con las variables de época del año, producción láctea, condición corporal y número de partos, se evidencia que ninguna de estas variables resultó significativa en este modelo ( $p < 0,05$ ) Tabla 4.

**Tabla 4**

*Estimación de los coeficientes del número de partos, condición corporal, época del año y producción láctea sobre diagnóstico de cetosis bovina en hatos ganaderos del cantón de Zarceró.*

Coeficiente	Estimación	Error estándar	Valor z	Probabilidad
Intercepto	-2,591	2,183	-1,187	0,235
Número de partos	0,214	0,167	1,283	0,20
Condición Corporal	0,019	0,754	0,025	0,980
Época del año	0,268	0,601	0,446	0,656
Producción	-0,456	0,578	-0,789	0,430

**Fuente:** Elaboración propia.

Al evaluar los resultados, se evidencia que las variables bajo análisis no concuerdan plenamente con las descripciones proporcionadas por los autores (Saborío y Sánchez, 2016., Tatone et al, 2017., Garzón, 2018., Mansfeld, 2019., Salazar, 2020, Huertas et al, 2020).

A pesar de la presencia evidente de cetosis bovina, no se ha encontrado una correlación significativa. Esta discrepancia podría atribuirse a diversos factores, como la heterogeneidad de las fincas en términos de razas de ganado, dieta, estado de producción, condiciones corporales al momento del parto de las vacas, manejo del ganado y los microclimas presentes en las diferentes propiedades ganaderas, como hace referencia Castillo et al. (2019). Estos aspectos, junto con otros puntos de vista, serán abordados en los siguientes apartados.

#### ***4.2.1. Época del año***

Con respecto a la época del año, los datos mostraron un comportamiento y presencia muy similares en ambas épocas climáticas (Tabla 3), lo que sugiere que la época no parece ser un factor determinante para el aumento de la cetosis en los hatos lecheros. Esto contrasta con el estudio realizado por Tatone et al. (2017), quienes observaron diferentes prevalencias en las cuatro estaciones climáticas (20% en verano, 18% en otoño, 26% en invierno y 25% en primavera).

#### ***4.2.2. Producción láctea***

Mediante el análisis de la producción láctea, se pudo establecer que, de las 106 vacas negativas a la enfermedad, 65 de ellas presentaron una curva de producción normal, mientras que 41 no la mostraron (Tabla 4). Por otro lado, entre las 15 vacas diagnosticadas con cetosis subclínica, se observó que 8 de

ellas presentan una curva de producción normal, mientras que los 7 restantes presentaron una curva de producción anormal.

**Tabla 4.**

*Resultados de la producción láctea de las hembras bovinas en conjunto con el diagnóstico de cetosis en el cantón de Zarceró.*

Variable	Diagnóstico		Total
	Negativo	Cetosis subclínica	
Producción normal	65	8	73
Producción anormal	41	7	48
Total	106	15	121

**Fuente:** Elaboración propia.

En cuanto a la producción láctea, al igual que lo describen Garzón (2018) y Salazar (2020), se encontró que las vacas positivas a cetosis experimentaron afectaciones en su producción. No obstante, también se observó que las vacas diagnosticadas como negativas a cetosis, se vieron afectadas en su producción. Esto puede estar relacionado con diversos factores, como una estimulación pre-ordeño deficiente, mala calibración de la máquina de ordeño, estrés debido a condiciones climáticas, alimentación inadecuada y otros factores extrínsecos, los cuales pueden influir en la disminución de la producción láctea, conforme lo señalado por Castillo et al. (2019). Al mismo tiempo, existe concordancia con lo mencionado por Saborío y Sánchez (2016), quienes no encontraron evidencia justa para asegurar que la cetosis bovina incida sobre la producción láctea en Costa Rica.

### 4.2.3. Condición corporal

Por otra parte, la condición corporal de las hembras examinadas en el estudio exhibió una variabilidad que abarcó desde 1,5 hasta 3,75, presentando una moda de 3. Entre las 106 hembras con diagnóstico negativo, se observaron diferentes niveles de condición corporal (CC). Concretamente, se identificó que 21 de ellas exhibieron una CC inferior a 2,5; mientras que 79 hembras se ubicaron en un rango de CC entre 2,5 y 3,5. Adicionalmente, se clasificaron 6 hembras con una CC superior a 3 (Tabla 5).

Seguidamente, de las 15 vacas con diagnóstico positivo a cetosis, se observó que 3 de ellas presentaron una CC inferior a 2,5, mientras que 11 hembras exhibieron una CC situada en el intervalo de 2,5 a 3,5. Destaca el hecho que solo una hembra evidenció una CC mayor a 3.

#### Tabla 5.

*Resultados de la condición corporal de las hembras bovinas conjunto con el diagnóstico de cetosis en el cantón de Zarceró.*

Diagnóstico	Condición corporal			Total
	< 2,5	≥ 2,5 - <3,5	≥ 3,5	
Negativo	21	79	6	106
Cetosis Subclínica	3	11	1	15
Total	24	90	7	121

**Fuente:** Elaboración propia.

Es de vital importancia destacar que la gran mayoría de las hembras muestreadas, presentaron una condición corporal dentro del rango considerado normal según la literatura científica. Esto se puede observar claramente en la Figura 1, en la que se evidencia que a medida que aumenta la producción láctea, la condición corporal tiende a disminuir, pero sin llegar a niveles críticos. Este

hallazgo coincide con lo reportado por Frasinelli et al. (2004), quienes señalan que el rango óptimo de la condición corporal en un hato lechero debe situarse entre 2,0 y 3,5 en una escala de 1 a 5.

Sin embargo, se esperaba encontrar una predisposición a padecer cetosis en vacas con una condición corporal alta (superior a 3 en una escala de 1 a 5), según lo mencionado por Mansfeld (2019) y Salazar (2020). No obstante, los resultados presentados en la tabla 5, indican que el promedio de condición corporal fue de alrededor de 2.6, y solo 7 vacas tenían una condición mayor a 3, de las cuales solo una presentó cetosis. Estos hallazgos no permiten establecer una relación clara entre la condición corporal y la incidencia de cetosis, y sugieren que se necesitan más investigaciones que monitoreen constantemente la condición corporal durante el periodo de transición.

#### **4.2.4. Número de partos**

Conforme al número de partos (Tabla 6), este número varía desde 1 hasta un máximo de 8, con una moda de 3 partos. Asimismo, al clasificar las 106 hembras con diagnóstico negativo, se observó que 16 de ellas tenían un solo parto; 54 hembras habían tenido entre 2 y 3 partos, y 36 vacas ya habían tenido 4 o más partos.

Por otro lado, entre las 15 vacas con diagnóstico positivo a cetosis, se halló que solo una de ellas tenía un solo parto; mientras que 8 habían tenido entre 2 y 3 partos, y 6 hembras ya habían tenido 4 o más partos.

**Tabla 6.**

*Resultados del número de partos de las hembras bovina conjunto con el diagnóstico de cetosis en el cantón de Zarceró.*

Diagnóstico	Número de partos			Total
	1	2-3	≥ 4	
Negativo	16	54	36	106
Cetosis Subclínica	1	8	6	15
Total	17	62	42	121

**Fuente:** Elaboración Propia.

Con base a los antecedentes citados por Garzón y Audor (2018), se consideraba poco frecuente que las vacas primíparas padecieran cetosis. Asimismo, en este estudio se observó que una de ellas efectivamente presentó la enfermedad, lo cual es un dato relevante y sugiere que la cetosis también puede afectar a animales jóvenes.

Lo descrito es consistente y coincide con varios autores, incluido Huertas et al. (2020), quienes reportaron que a medida que las hembras tienen un mayor número de partos, aumenta la posibilidad de que padezcan cetosis. En este estudio, se observó que las hembras con 2 y 3 partos tuvieron un riesgo mayor de desarrollar cetosis, en comparación con las vacas en su primer parto.

Ahora bien, aunque no se encontró una relación directa con la cetosis bovina, se destaca que la mayoría de las vacas que presentaron cetosis, a excepción de una, eran múltiparas. Esto indica que aquellas con más partos tienden a ser más susceptibles a la cetosis, mientras que las primíparas son menos propensas a padecerla.

### 4.3. Relación del diagnóstico de cetosis subclínica sobre el conteo de células somáticas

De los 121 animales que conformaron la muestra, 110 registraron un conteo de células somáticas menor a 200.000. Dentro de este grupo, 99 hembras no fueron diagnosticadas con cetosis subclínica, presentando un promedio de 42 644 células somáticas; mientras que los 11 restantes sí mostraron indicios de cetosis subclínica, con un promedio de 52.545 células somáticas (Tabla 7).

Por otra parte, 11 hembras exhibieron un conteo de células somáticas superior a las 200.000. De estas, 7 no tenían diagnóstico de cetosis y mostraron un promedio de 751.286 células somáticas; mientras que las 4 restantes fueron diagnosticadas con cetosis subclínica, presentando un promedio de 639.750 células somáticas (Tabla 7).

#### Tabla 7.

*Resultados conteo de células somáticas de las hembras bovinas en conjunto con el diagnóstico de cetosis en el cantón de Zarceiro.*

Conteo de células somáticas	Diagnóstico		Total
	Negativo	Cetosis Subclínica	
< 200.000	99	11	110
≥ 200.000	7	4	11
Total	106	15	121

**Fuente:** Elaboración Propia.

Por medio de la aplicación de la prueba exacta de Fisher, se obtuvo un valor de probabilidad de 0,0305. Esto permite inferir que la proporción de un conteo adecuado de células somáticas es diferente entre las hembras con diagnóstico negativo y aquellas con diagnóstico de cetosis.

Esta relación entre el diagnóstico de cetosis y un conteo alto de células somáticas, se encuentra en la misma línea de lo señalado por Berge y Vertenten (2018), quienes atribuyen la cetosis como una predisposición para padecer mastitis, lo que a su vez puede llevar a un aumento en el conteo de células somáticas en la leche.

## CAPITULO V. CONCLUSIONES

En conclusión, la presencia de la cetosis bovina en los 10 hatos lecheros evaluados en el cantón de Zarceros fue de 12,4% de cetosis subclínica y 0% de cetosis clínica.

El análisis del efecto de la época del año, producción láctea, condición corporal y el número de partos sobre la presencia de cetosis subclínica, indican que las variables no son predictores significativos de la presencia de la cetosis bovina ( $p > 0,05$ ). Estos hallazgos pueden servir como punto de partida para futuras investigaciones que pretendan identificar las variables que realmente influyen en la presencia de este fenómeno y, por lo tanto, contribuir a una comprensión más completa de este aspecto particular del estudio.

En cuanto la relación del diagnóstico de cetosis bovina sobre el conteo de células somáticas, se determinó que la proporción de un conteo adecuado de células somáticas es distinta entre las que tienen un diagnóstico negativo y las que tienen un diagnóstico de cetosis ( $p < 0,05$ ).

## CAPITULO VI. RECOMENDACIONES

Es esencial llevar a cabo una serie de investigaciones más exhaustivas con el objetivo de obtener una panorámica más precisa y completa de la presencia de cetosis en el cantón de Zarceró, con la posibilidad de extrapolar estos hallazgos a nivel nacional.

Se plantea la relevancia de estimar un tamaño de muestra representativo de la región a estudiar en futuros trabajos asociados con la cetosis. Esta acción contribuirá significativamente a obtener resultados más precisos y generalizables, lo que facilitará avanzar en la comprensión y a un enfoque efectivo de esta afección en la industria ganadera.

Por otro lado, se sugiere una investigación más profunda sobre el comportamiento del clima en la región y sus efectos potenciales en aspectos tales como las condiciones de pastoreo, la calidad del suelo y la salud del ganado. Estos factores pueden aportar información valiosa al estudio sobre la cetosis.

Se recomienda disponer de una mayor cantidad de fincas que realicen pesas de leche diarias, para analizar la curva de producción, dado que esto proporciona una comprensión valiosa de la salud y el rendimiento de las vacas, en relación con la cetosis.

Es fundamental evaluar constantemente la condición corporal de las vacas durante el desarrollo del estudio, especialmente con respecto a la alimentación proporcionada antes y después del parto.

Se deben mantener registros reproductivos actualizados, lo cual resulta primordial para trazar el historial de las hembras y, por lo tanto, adquirir una comprensión más amplia en la investigación de la cetosis.

Asimismo, se debe establecer un mayor control y comunicación con los productores al solicitar muestras de leche, con el objetivo de agilizar su análisis y su posterior valoración.

La implementación coherente y diligente de estas recomendaciones, contribuirá significativamente a reducir los errores al efectuar trabajos de investigación similares y permitirá aplicar ajustes, según sea necesario, para lograr los mejores resultados posibles.

## CAPÍTULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barojas, A. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Revista. Salud en Tabasco*. 11(2), 333-338.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>
- Bedolla, J, & Hernández, J. (2008). Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche. REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 10 (9),1-34. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63617329004>
- Benedet, A; Manuelian, C; Zidi, A; Penasa, M; De Marchi, M. (2019). Invited review:  $\beta$ -hydroxybutyrate concentration in blood and milk and its associations with cow performance. *Revista The Animal Consortium*, 13(8), 1-14. <https://doi.org/10.1017/s175173111900034x>
- Berge, A; Vertenten, G. (2018). A field study to determine the prevalence, dairy herd management systems, and fresh cow clinical conditions associated with ketosis in western European dairy herds. *Revista. American Dairy Science Association*, 97(1), 2145–2154.  
[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(14\)00116-7/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(14)00116-7/fulltext)
- Brunner, N; Groeger, S; Raposo, J; Bruckmaier, R; Gross, J. (2018). Prevalence of subclinical ketosis and production diseases in dairy cows in Central and South America, Africa, Asia, Australia, New Zealand, and Eastern Europe. *Revista Translational Animal Science*, 3 (1), 84–92.  
<https://doi.org/10.1093/tas/txy102>

- Cainzos, J, Andreu C., Guadagnini, M., Rijpert, A., Duffield, T. (2022). A systematic review of the cost of ketosis in dairy cattle. *Revista. American Dairy Science Association.*, 105(7), 6175–6195. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21539>
- Castillo, Gloriana., Vargas, B., Hueckmann, F., Romero, J. (2019). Factores que afectan la producción en primera lactancia de vacas lecheras de Costa Rica. *Revista UCR.* 30(1). <https://www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso>
- Cucunubo, L, G; Strieder, C; Wittwer, F; Noro, M. (2013) Diagnóstico de cetosis subclínica y balance energético negativo en vacas lecheras mediante el uso de muestras de sangre, orina y leche. *Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 23(2), 119-119. <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=95926276004>
- Egyedy, A., Barahona, E., Ametaj, B. (2022). Association of High Somatic Cell Counts Prior to Dry off to the Incidence of Periparturient Diseases in Holstein Dairy Cows. *Revista. Veterinary Sciences.* 9 (624) <https://doi.org/10.3390/vetsci9110624>
- Frasinelli, C., Casagrande, H., Veneciano, J. (2004) La condición corporal como herramienta de manejo en rodeos de cría bovina. *Revista. Información técnica.* 168(1), 1-17. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inf\\_tecn\\_168\\_-\\_condicion\\_corporal.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inf_tecn_168_-_condicion_corporal.pdf)
- García Sainz, Y. (2019). *Efecto de la suplementación de colina, riboflavina y ácido fólico protegidas ruminalmente en vacas lecheras en transición sobre incidencias de cetosis, retención de placenta y metritis.* [Trabajo

Final de Graduación para optar por el Grado Académico de Licenciatura en Medicina Veterinaria Zootecnista, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/7470>

Garzón Audor, A, M. (2018). *Incidencia y Prevalencia de la cetosis clínica y subclínica en vacas lecheras durante el postparto temprano en el Altiplano Cundiboyacense* [Tesis de Magister en Salud animal, Universidad Nacional de Colombia] <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/64148/Tesis%20Cetosis%20%20Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Garzón Audor, A, M; Oliver, O. (2018). Epidemiología de la cetosis en bovinos: una revisión. *Revista Medicina veterinaria y zootecnia*, 13(1), 42-61. <https://doi.org/10.21615/cesmvz.13.1.4>

Gordon, J., LeBlanc, S., Duffield, T. (2013). Ketosis Treatment in Lactating Dairy Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 29(2), 433–445. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2013.03.001>

Hajek, F; Mansfeld, R. (2019). Übersicht zu Zusammenhängen zwischen Änderungen der Bewegungsintensität und Ketose bei Milchkühen. *Revista Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere*, 47(1), 380-389. <https://doi.org/10.1055/a-1037-9173>

Hernández Ardón, D; Iraheta Navas, C; Mejía, D. (2015). *Incidencia de cetosis bovina durante el posparto temprano en tres ganaderías lecheras de la zona occidental y central de el salvador*. [Trabajo Final de Graduación para optar por el Grado Académico de Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad San Salvador]

<https://www.semanticscholar.org/paper/Incidencia-de-cetosis-bovina-durante-el-posparto-en-Ard%C3%B3n-Navas/970db92332d1157396b82fe68b04b4ce3e0a9df6>

Huertas Molina, O; Guzmán, V; Palacio, L; Zambrano, J; Olivera, M. (2020). Concentraciones séricas de Betahidroxibutirato y su asociación con enfermedades posparto en bovinos de leche. *Revista MVZ Córdoba*, 25 (3), 1-11. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1821>

Huertas, E. (2019). *Balance energético negativo* [Tesis de pregrado de la Universidad Cooperativa de Colombia] <http://hdl.handle.net/20.500.12494/14629>

Huertas, O & Olivera, A. (2019). *Hiperketonemia y la evaluación de los niveles de Beta-hidroxibutirato (BHB) y Acetona (Ac) en leche*. EDUA. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/view/345365/20804895>

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) (2021). *Encuesta nacional agropecuaria 2020 - resultados de la actividad ganadera vacuna y porcina*, <https://www.inec.cr/sites/default/files/documetos-biblioteca-virtual/reenapecuario2020.pdf>

Larrieu, E. (2003). *Manual de epidemiología y salud pública veterinaria*. Universidad Nacional La Pampa. Facultad Ciencias Veterinarias. <http://www.uresaandina.com.ar/wp-content/uploads/2016/08/MANUAL-DE-EPIDEMIOLOGIA-Y-SALUD-PUBLICA-VETERINARIA-1.pdf>

McArt, J; Nydam, D; Overton, M. (2015). Hyperketonemia in early lactation dairy cattle: A deterministic estimate of component and total cost per case.

*Revista. American Dairy Science Association.* 98(1), 2043–2054.

[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(15\)00036-](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(15)00036-3/fulltext)

[3/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(15)00036-3/fulltext)

Mellado, M; Dávila, A; Gaytan, L; Macías, U; Avendaño, L; García, E. (2018). Risk factors for clinical ketosis and association with milk production and reproduction variables in dairy cows in a hot environment. *Revista Tropical Animal Health and Production*, 50(1),1611–1616.

<https://doi.org/10.1007/s11250-018-1602-y>

Pardo, E. (2006). *Compendio de epidemiología*. Universidad nacional agraria de Nicaragua. Facultad de Ciencia Animal.

<https://cenida.una.edu.ni/textos/nl73p226.pdf>

Pérez Hernández, G. (2018). *Precisión del bhbcheck en la medición de  $\beta$ -hidroxibutirato como herramienta de diagnóstico de hipercetonemia en vacas holstein-friesian*. [Trabajo Final de Graduación para optar por el Grado Académico de Maestro en ciencias en innovación Ganadera, Universidad Autónoma Chapingo]

[https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/9aacbcd5-8dc1-4b7d-bd81-](https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/9aacbcd5-8dc1-4b7d-bd81-9cd65a279a3a)

[9cd65a279a3a](https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/9aacbcd5-8dc1-4b7d-bd81-9cd65a279a3a)

Pérez, J; Risco, C; Chebel, C; Gomes, G; Greco, L; Tao, S; Thompson, I; do Amaral, B; Zenobi, M; Martinez, N; Staples, C; Dahl, G; Hernández, J; Santos, J; Galvão, K. (2019). Association of dry matter intake and energy balance prepartum and postpartum with health disorders postpartum: Part II. Ketosis and clinical mastitis. *Revista. American Dairy Science Association.* 102(1), 9151–

9164. [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(19\)30611-3/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(19)30611-3/fulltext)

Raboisson, D; Mounié, M; Maigné, E. (2014). Diseases, reproductive performance, and changes in milk production associated with subclinical ketosis in dairy cows: A meta-analysis and review. *Revista. American Dairy Science Association.* 97(1), 7547–7563.

[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(14\)00691-2/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(14)00691-2/fulltext)

Rodríguez, E. (2019). *Características del Cantón de Zarceró*. Municipalidad de Zarceró. <http://www.zarceró.go.cr/articulo/230/caracteristicas>

Saborío, A., Sánchez, J. (2013). Prevalencia y factores de riesgo relacionados con la cetosis clínica y subclínica tipo I y II en un hato de vacas Jersey en Costa Rica, *Revista Agronomía Costarricense*, 37(2), 17-19. [www.mag.go.cr/rev\\_agr/index.html](http://www.mag.go.cr/rev_agr/index.html)

Saborío, A., Sánchez, J. (2014) Evaluación de la condición corporal en un hato de vacas jersey en pastoreo en la zona alta de Cartago. Variaciones durante el ciclo productivo. *Revista. Agronomía Costarricense*. 38(1), 55-65. [www.mag.go.cr/revagr/index.html](http://www.mag.go.cr/revagr/index.html)

Saborío, A; Sánchez, J. (2016). Relación entre concentración sanguínea de - hidroxibutirato e indicadores productivos, reproductivos y de salud en hatos jersey y Holstein. *Revista Agronomía Costarricense*, 40(1), 41-50. [www.mag.go.cr/rev\\_agr/index.html](http://www.mag.go.cr/rev_agr/index.html)

Salazar, D. (2022). *Determinación de la presencia de cetosis subclínica en la primera y cuarta semana postparto, su efecto sobre la producción y*

*factores predisponentes en vacas Bos Taurus de lechería especializada.*

[Trabajo de graduación para obtener el título de diplomado en asistencia veterinaria, Universidad Técnica Nacional]

Tamargo, T., Gutiérrez, Á., Quesada, S., López, Nirka & Hidalgo, T. (2019).

Algunas consideraciones sobre aplicación, cálculo e interpretación de odds ratio y riesgo relativo. *Revista Cubana de Medicina*, 58(3), 1-11

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-75232019000300008&lng=es&tlng=es.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75232019000300008&lng=es&tlng=es)

Tatone, E; Duffield, T; LeBlanc, S; DeVries, T; Gordon, J. (2017). Investigating

the within-herd prevalence and risk factors for ketosis in dairy cattle in Ontario as diagnosed by the test-day concentration of  $\beta$ -hydroxybutyrate in milk. *Revista. American Dairy Science Association*. 100(1), 1308–1318.

[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(16\)30895-5/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(16)30895-5/fulltext)

Tenny, S., & Hoffman, M. (2022). *Odds Ratio*. National Library of Medicine.

[https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK431098/#:%7E:text=In%20a%20%2Dby%2D2,which%20simplifies%20to%20ad%2Fbc.](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK431098/#:%7E:text=In%20a%20%2Dby%2D2,which%20simplifies%20to%20ad%2Fbc)

Torres Chacón, F; Ramírez Rodríguez, G; Segura, V. (2017). *Diagnóstico de*

*enfermedades metabólicas en 30 hatos lecheros del Valle Central y Zona Norte de Costa Rica y elaboración de una propuesta para su prevención.*

[Trabajo Final de Graduación para optar por el Grado Académico de Licenciatura en Medicina Veterinaria, Universidad Nacional de Costa Rica]

<https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/14094>

UNED. (2013). *Los climas de Costa Rica*. Climatología.

<https://multimedia.uned.ac.cr/pem/climatologia/index.html>

Vanholder, T., Papen, J., Bemers, R., Vertenten, G, Berge, A. (2015). Risk factors for subclinical and clinical ketosis and association with production parameters in dairy cows in the Netherlands. *Revista. American Dairy Science Association*. 98(2), 880–888.

[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(14\)00833-9/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(14)00833-9/fulltext)

## CAPÍTULO VIII. APÉNDICES Y ANEXOS

**CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA USO Y MANEJO DE LOS TRABAJOS FINALES DE  
GRADUACIÓN  
UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL**

Atenas, 4 de octubre de 2023.

Señores

Vicerrectoría de Investigación

Sistema Integrado de Bibliotecas y Recursos Digitales

Yo portador (a) de la cédula de identidad número 1-1664-0302. En mi calidad de autor del trabajo de graduación titulado: Correlación de la presencia de cetosis subclínica y clínica con la producción láctea, condición corporal, número de partos, época del año y el conteo de células somáticas en 10 hatos lecheros del cantón de Zarcero, Costa Rica.

El cual se presenta bajo la modalidad de:

Seminario de Graduación

Proyecto de Graduación

Tesis de Graduación

Autorizo a la Universidad Técnica Nacional, para que mi trabajo pueda ser manejado de la siguiente manera:

Autorizo	
Conservación de ejemplares para préstamo y consulta física en biblioteca	X
Inclusión en el catálogo digital del SIBIREDI (Cita catalográfica)	X
Comunicación y divulgación a través del Repositorio Institucional	X
Resumen (Describe en forma breve el contenido del documento)	X
Consulta electrónica con texto protegido	X
Descarga electrónica del documento en texto completo protegido	X
Inclusión en bases de datos y sitios web que se encuentren en convenio con la Universidad Técnica Nacional contando con las mismas condiciones y limitaciones aquí establecidas.	X

Por otra parte, declaro que el trabajo que aquí presento es de plena autoría, es un esfuerzo realizado de forma personal, académica e intelectual con plenos elementos de originalidad y creatividad. Garantizó que no contiene citas, ni transcripciones de forma indebida que puedan devenir en plagio, pues se ha utilizado la normativa vigente de la American Psychological Association (APA). Las citas y transcripciones utilizadas se realizan en el marco de respeto a las obras de terceros. La responsabilidad directa en el diseño y presentación son de competencia exclusiva, por tanto, eximo de toda responsabilidad a la Universidad Técnica Nacional.

Conocedor de que las autorizaciones no reprimen mis derechos patrimoniales como autor del trabajo. Insto a la Universidad Técnica Nacional a que respete y haga respetar mis derechos de propiedad intelectual.

Firma del estudiante: Joel Gabriel Coronado

Número de identificación: 1-1664-0302

Fecha: 03/10/2023