

Factores de riesgo asociados con cetosis bovina en sistemas productivos de la Sierra Central del Perú

Risk factors associated with bovine ketosis in productive systems of the Central Sierra of Peru

 Arauco, Fernando .¹,  Guzmán, Leonor .¹,  Mayorga, Noemí .¹,  Damas, Ronald .¹ y  Arana, Carlos .¹

DOI: [10.26490/pucag.20261.2108](https://doi.org/10.26490/pucag.20261.2108)

¹ Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Zootecnia, Huancayo, Perú.

Resumen: Los casos subclínicos de cetosis bovina al ser subdiagnosticada en nuestro medio y al tener involucrados diversos factores de riesgo (edad, condición corporal, hipocalcemia, composición láctea), representan un problema por atender en sistemas productivos de la sierra de nuestro país por el gran impacto económico que representa sobre la productividad. El objetivo del trabajo fue determinar la prevalencia de cetosis bovina subclínica y analizar ciertos factores de riesgo para su presencia en establos del Valle del Mantaro, región Junín (3 200 msnm). Se evaluaron 72 vacas comprendidas en el periodo de transición en dos momentos: 7 y 56 días post parto (DPP), evaluando la cetonemia, condición corporal, características físico-químicas de la leche (grasa, proteínas, lactosa) y calcio sérico. Se encontró una prevalencia de cetosis subclínica de 23.6 % y 11.1% y una prevalencia de hipocalcemia subclínica de 8.3 % y 38.9 % a los 7 y 56 DPP respectivamente. La estimación de riesgo para hipocalcemia fue OR: 4.25 y OR: 4.52 a los 7 y 56 DPP respectivamente, con asociación estadística significativa entre condición corporal y cetosis subclínica. La edad fue un factor de protección (OR: 0.65) para cetosis subclínica. El % de proteína en leche funciona como factor de protección para cetosis subclínica a los 7 DPP (OR= 0.75) y 56 DPP (OR = 0.4) y hubo correlación positiva entre %Grasa/%Proteína (G/P) de la leche con la cetosis subclínica.

Palabras clave: acetonemia, vacas lecheras, enfermedad metabólica, periodo de transición, factor de riesgo.

Abstract: As subclinical cases of bovine ketosis are under-diagnosed in our setting and involve various risk factors (age, body condition, hypocalcaemia, milk composition), they represent a problem that needs to be addressed in livestock production systems in the highlands of our country, given the significant economic impact they have on productivity. The aim of this study was to determine the prevalence of subclinical bovine ketosis and to analyse certain risk factors for its occurrence in herds in the Mantaro Valley, Junín region (3,200 metres above sea level). A total of 72 cows in the transition period were assessed at two time points: 7 and 56 days post-calving (DPC), with measurements taken of ketonemia, body condition score, physicochemical characteristics of milk (fat, protein, lactose) and serum calcium. A prevalence of subclinical ketosis of 23.6% and 11.1%, and a prevalence of subclinical hypocalcaemia of 8.3% and 38.9%, were found at 7 and 56 DPP respectively. The risk estimates for hypocalcaemia were OR: 4.25 and OR: 4.52 at 7 and 56 DPP respectively, with a statistically significant association between body condition and subclinical ketosis. Age was a protective factor (OR: 0.65) for subclinical ketosis. The percentage of protein in milk acted as a protective factor against subclinical ketosis at 7 DPP (OR = 0.75) and 56 DPP (OR = 0.4), and there was a positive correlation between the fat-to-protein ratio (F/P) of milk and subclinical ketosis.

Keywords: acetonemia, dairy cows, metabolic disease, transition period, risk factor.



Referencia: Arauco, F. , Guzmán, L. , Mayorga, N. , Damas, R. , y Arana, C. . (2026). Factores de riesgo asociados con cetosis bovina en sistemas productivos de la Sierra Central del Perú. *Prospectiva Universitaria en Ciencias Agrarias*, 7(1), 23–32. <https://doi.org/10.26490/pucag.20261.2108>

Recibido: 28 de septiembre de 2024

Aceptado: 20 de junio de 2026

Publicado: 30 de junio de 2026

Prospectiva Universitaria en Ciencias Agrarias. Vol. 7, núm. 1, enero a junio, 2026. Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons



CC BY 4.0

Attribution 4.0 International

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

1. Introducción

En el Valle del Mantaro existen pequeños y medianos productores de leche que producen, comercializan y transforman este producto (Casas, 2017), pero los sistemas productivos de manejo posibilitan la presencia de factores de riesgo que determinan la presencia de diversas enfermedades (Barrientos, 2017) entre las que destacan las patologías metabólicas que suelen estar subdiagnosticadas (cetosis e hipocalcemia), por lo que resulta importante identificar y comprender estos factores con el fin de implementar estrategias de prevención y control efectivas.

La cetosis bovina sucede en vacas en lactancia, cuando la demanda de energía es alta y la ingesta de alimento no es suficiente para cubrirla (Garzón & Oliver, 2018). Los valores normales de cuerpos cetónicos en vacas en lactación pueden variar dependiendo de la literatura consultada. Para diagnosticar cetosis subclínica se toma como referencia valores de β (en suero o sangre) a partir de 1,0 mmol/L (Duffield, 2000), otros autores consideran a partir de 1,2 mmol/L (Geishauser et al., 2000; Suthar et al., 2013), o 1,4 mmol/L hasta <3,0 mmol/L (Carrier et al., 2004; Oetzel, 2004). En general, se considera que un valor de cuerpos cetónicos en sangre de menos de 1,2 mmol/L se considera normal, mientras que niveles superiores a 1,2 mmol/L pueden indicar cetosis subclínica o cetosis clínica (Asl et al., 2011). Algunos autores también sugieren que niveles de cuerpos cetónicos en sangre superiores a 2.9 3.0 mmol/L pueden indicar una cetosis clínica grave (Garzón & Oliver, 2018; Oetzel, 2004). Sin embargo, los valores normales de cetonemia pueden variar dependiendo del momento del posparto, la raza de la vaca y otros factores relacionados con la producción y la salud de la vaca.

La confluencia de diversos factores como la condición corporal, la alimentación, el manejo y la genética influyen en la presentación de la cetosis bovina, por lo que se le debería considerar como una enfermedad metabólica multifactorial, lo cual es importante tener presente para prevenir y tratar esta enfermedad. Existen numerosos estudios que han investigado los factores de riesgo, la patogenia, los síntomas clínicos y el tratamiento de la cetosis en el ganado bovino lechero. Los factores causales de la cetosis, así como los métodos para prevenir y tratar la enfermedad, priorizando los cambios metabólicos que suceden en el período de transición en las vacas y cómo estos pueden predisponer a la cetosis. Anteriormente se ha examinado la cetosis subclínica en el ganado lechero, una condición en la que los animales no muestran síntomas clínicos evidentes, pero aún presentan alteraciones metabóli-

cas, relevando la importancia de los factores de riesgo, la fisiopatología y el diagnóstico de esta condición. Ospina et al. (2010) evaluaron diferentes indicadores de estado metabólico y energético en vacas con cetosis clínica y subclínica, encontrando que tanto los niveles de cuerpos cetónicos en sangre como otros indicadores bioquímicos, pueden ser útiles para diagnosticar y monitorear la cetosis en el ganado bovino lechero.

Los valores normales de calcio sanguíneo en vacas en lactancia varían según el momento de la lactancia.; durante las primeras semanas después del parto la concentración normal de Ca es de 8.5 a 10 mg/dl (Arechiga-Flores et al., 2022), pero a medida que avanza la lactancia y la producción de leche es mayor, los niveles de calcio pueden disminuir ligeramente. Los valores normales de calcio ionizado en la leche de vacas varían según la etapa de lactancia y la raza de la vaca, pero generalmente se encuentran en un rango de 1.4 a 2.5 mmol/L. Estos valores pueden variar dependiendo de diversos factores, como la alimentación de las vacas y las condiciones de manejo de la leche. Vacas lecheras con hipocalcemia subclínica no muestran síntomas clínicos, los valores de 8.0 mg/dl (2.0 mmol/l) o menos, pero no mostrando signos clínicos, son consideradas subclínicamente hipocalcémicas (Arechiga-Flores et al., 2022). Martínez et al. (2012) manifiestan que este punto de corte debe ser aumentado a 8.5 mg/dl (2.1 mmol/l) debido a que las vacas por debajo de esta concentración de Ca mostraban mayor predisposición a desarrollar metritis u otras alteraciones metabólicas por lo que la hipocalcemia subclínica sería la causa primaria o secundaria de disminución en la performance productiva.

Existe asociación entre la condición corporal de las vacas y la presentación de cetosis, ya que este parámetro es una medida del nivel de grasa corporal. Las vacas con una condición corporal baja (delgadas) tienen menos reservas de energía y son más propensas a desarrollar cetosis. Esto se debe a que, durante la lactancia, suelen movilizar más grasa corporal para satisfacer las necesidades energéticas, lo que puede llevar a una acumulación de cuerpos cetónicos en la sangre. Por otro lado, las vacas con una condición corporal alta (obesas) también pueden tener un mayor riesgo de desarrollar cetosis, porque el exceso de grasa corporal puede dificultar la adaptación del metabolismo de la vaca a las demandas energéticas de la lactancia, lo que puede llevar a una producción insuficiente de glucosa y una acumulación de cuerpos cetónicos. Dietas posparto con baja participación de concentrados energéticos no permiten mantener la glucemia en los niveles requeridos para el uso completo de las reservas movi-

lizadas, aumentando de esta manera la incidencia de cetosis (Grigera & Bargo, 2005).

2. Métodos

Para llevar a cabo esta investigación, se recopiló información de la EEA El Mantaro-UNCP y del IVITA-UNMSM, dos establecimientos lecheros de la provincia de Jauja, región Junín, en la Sierra Central del Perú, tomando muestras de sangre y leche a 72 vacas en producción, dentro del periodo de transición (1ra y 8va semana post parto), de raza Holstein y Brown Swiss, criadas bajo sistema de producción semi intensivo.

Para determinar la cetonemia se empleó un ketómetro electrónico portátil que mide la concentración de β -hidroxibutirato (BHB) en muestras de sangre, considerada esta prueba como el gold estándar para detectar cetosis subclínica de manera cuantitativa, debido a su estabilidad en la sangre. Los niveles de calcemia se obtuvieron empleando un analizador bioquímico de laboratorio en muestras de suero sanguíneo para la determinación del nivel de calcemia con el analizador bioquímico. Para la determinación del % de grasa, proteína y lactosa en las muestras de leche se empleó un equipo Lactoscan.

Se estimó la condición corporal como un indicador de la cantidad de reservas energéticas almacenadas por los animales, en forma visual y por palpación, utilizando una escala de 1 a 5 (1 = flaca, 5 = gorda) (Grigera y Bargo, 2005).

Para el análisis estadístico se utilizó la hoja de cálculo Excel para el ordenamiento y categorización de la data, y el programa SPSS v. 26 para hacer uso de estadística descriptiva, realizando análisis de Correlación de Pearson y Spearman, niveles de asociación de variables y pruebas de hipótesis con Chi-cuadrado, y regresión logística para determinar los Odds Ratio (OR) de los factores de riesgo.

3. Resultados

3.1. Prevalencia de Cetosis subclínica

Tabla 1

Frecuencia de niveles de cetonemia a los 7 y 56 DPP

Rangos de cetonemia (mM/L)	N° (7 DPP)	N° (56 DPP)
0.3-0.6	24	37
0.6-0.9	17	21
0.9-1.2	14	6
1.2-1.5	5	3
1.5-1.8	6	3
1.8-2.1	4	1
2.1-2.4	2	1

Prevalencia de Cetosis subclínica 7 DPP: $P = 17/72 \times 100 = 23.6 \%$, Prevalencia de Cetosis subclínica en 56 DPP: $P = 8/72 \times 100 = 11.1 \%$. Prevalencia de Hipocalcemia subclínica a los 7 DPP: $P = 6/72 \times 100 = 8.3 \%$. Prevalencia de Hipocalcemia subclínica a los 56 DPP: $P = 28/72 \times 100 = 38.9 \%$

3.2. 3.3 Interacción de Cetosis con Hipocalcemia

A los 7 DPP, de 17 animales con cetosis subclínica, solo 4 de presentaron niveles de hipocalcemia subclínica, existiendo una correlación negativa débil entre estas dos variables ($R = -0.211223747$). A los 56 DPP, de los 8 animales con cetosis subclínica, 7 tuvieron niveles de hipocalcemia subclínica, existiendo una correlación negativa fuerte entre estas dos variables ($R = -0.64574718$), es decir que a medida que el nivel de cetonemia sube, los valores de calcemia fueron más bajos (Hernández et al., 2018). La asociación de los valores de cetonemia con calcemia a los 56 DPP dió un valor de 4.938 ($p 0.026$), lo cual indica que los casos de cetosis subclínica con los casos de hipocalcemia subclínica están asociados de manera significativa. Mediante regresión logística se evaluó la hipocalcemia subclínica como factor de riesgo de la cetosis subclínica; para los 7 DPP se encontró un OR: 4.250 (IC: 0.517 34.910), con una significancia de 0.152 ($p > 0.05$), que nos indica que vacas con hipocalcemia subclínica a los 7 DPP tienen 4.25 veces más riesgo para presentar cetosis subclínica, con relación a las vacas normocalcémicas, aunque sin significación estadística. Para los 56 DPP se encontró un OR: 4.524 (IC: 1.047 19.543), con una significación de 0.035 ($p 0.05$), que nos indica que las vacas con hipocalcemia subclínica tienen 4.5 veces más riesgo, de manera significativa, para presentar cetosis subclínica, con relación a las vacas normocalcémicas.

3.3. Asociación entre Cetosis subclínica (CSC) y Condición Corporal (CC)

Al Chi cuadrado se encontró que existe asociación estadística significativa entre la CC y la presencia de cetosis subclínica, de manera significativa para los 7 días post parto ($p = 0.033$), y para los 56 días post parto hay asociación estadística altamente significativa ($p = 0.000$).

Al correlacionar la CC con los niveles de cuerpos cetónicos de las 72 vacas evaluadas a la primera semana post parto, se encontró un Coeficiente de Correlación negativo fuerte ($R = -0.6252$), es decir que a un menor valor de condición corporal se correspondía con valores más altos de cuerpos cetónicos. Al correlacionar la CC con los niveles de cuerpos cetónicos de las 72 vacas evaluadas a los 56 días post parto, se encontró un Coeficiente de Correlación negativo moderado ($R = -0.5366$), es decir que a un menor valor de condición corporal se correspondía con valores más altos de cuerpos cetónicos. Para evaluar la CC como factor de riesgo de cetosis subclínica, se dividieron a las vacas en 2 grupos: vacas con CC mayor a 2.5, y vacas con CC entre 2.0 a 2.5 respectivamente. A los 7 DPP, se determinó un OR: 0.125, con un $p = 0.033$, pero no significativo (IC: 0.014 1.082). A los 56 DPP, se determinó un OR: 0.500 (IC: 0.340 0.734), altamente significativo ($p = 0.000$) considerándose a la CC como factor de protección para cetosis subclínica.

3.4. Interacción entre Edad y Cetosis subclínica

Al correlacionar la edad con los niveles de cuerpos cetónicos de las 72 vacas evaluadas a los 56 DPP, se encontró un Coeficiente de Correlación negativo débil ($R = -0.255686427$). Al evaluar edad de las vacas se determinó un OR: 0.649 (IC: 0.512 0.822), con una significancia de 0.036 ($p = 0.05$), considerándose a la edad como factor de protección para cetosis subclínica. Los animales detectados con cetosis subclínica a los 56 DPP, tuvieron en promedio 3 años.

3.5. Cetonemia y Lactosa en leche

A los 7 días post parto existe una correlación negativa muy baja (-0.097) entre los niveles de cetonemia con el % de lactosa en la leche, siendo ésta no significativa ($p = 0.527$). Al considerar solo las vacas con cetosis subclínica, hay una correlación negativa baja (-0.338) entre los niveles de cetonemia y el % de lactosa en leche, siendo ésta no significativa ($p = 0.145$). A los 56 días post parto, la correlación negativa es muy baja (Coeficiente de correlación de Spearman = -0.190) siendo ésta no significativa ($p = 0.967$).

En cuanto a la Cetonemia y % grasa en leche no se encontró asociación entre estas dos variables, a los 7 y

56 DPP. Por otro lado, la Cetonemia y % Proteínas en leche evidenció una correlación negativa baja (-0.357) entre el % de proteína en leche y el nivel de cetonemia a los 7 días post parto, a un nivel de significancia $p = 0.015$. A los 56 días post parto fue negativa baja (Rho de Spearman: 0.312) con un nivel de significancia de $p = 0.037$. Analizando la estimación de riesgo para estas dos variables, se determinó que el % de proteína en leche a los 7 días post parto era un factor de protección con OR = 0.750 (IC = 0.627 0.897), aunque no es significativo ($p = 0.166$). La estimación de riesgo del % proteínas en leche para cetosis subclínica, a los 56 días post parto, resultó factor de protección (OR = 0.4), pero sin significancia ($p = 0.215$ e IC = 0.091 1.749).

La correlación entre la Relación %Grasa/%Proteína (G/P) de la leche con los valores de cetonemia fue positiva ($R = 0.3507$ y $R = 0.1195$) para los 7 y 56 DPP, respectivamente; al asociar los casos de cetonemia (1.2 mM/L) con la relación G/P compatible con cetosis subclínica (relación 1.4), no se encontró una asociación estadísticamente significativa ($p = 0.078$ y $p = 0.185$) para los 7 DPP y 56 DPP, respectivamente.

4. Discusión

4.1. Prevalencia de Cetosis subclínica

A los 7 y 56 DPP, la prevalencia fue 23.6 % y 11.1% respectivamente, valores concordantes con lo reportado por Suthar et al. (2013) que reportaron para 10 países de Europa, una prevalencia general de cetosis subclínica promedio de 21,8% (entre el 11,2 y el 36,6%), mientras McArt et al. (2012) reportó valores promedio de 43% (entre 26 y 56%) con un pico de incidencia de 28,9% ocurrió a los 5 DPP. En Estados Unidos, las tasas de prevalencia reportadas oscilan entre el 8,9 y el 43% en los primeros 2 meses de lactancia (Dohoo et al., 1983; Duffield et al., 1998; McArt et al., 2012), mientras que Tatone et al. (2017) en Ontario, Canadá reporta una prevalencia de 21% a los 30 DPP. Daros et al. (2017) en Brasil reportó una prevalencia de cetosis subclínica, entre los 3 y 21 DPP de 21%; Adco (2014) en Arequipa reportó altos índices de cetosis subclínica (94.2% - 100.0%) a los 45 DPP. Se conoce que la mayor tasa de incidencia de cetosis subclínica ocurre dentro de las primeras 3 semanas de lactancia (Duffield et al., 2009; Oetzel, 2004). Como la capacidad de ingestión de alimento en el periodo de transición es menor que la demanda energética para la creciente producción de leche, hay una situación de estrés en el animal y un balance energético negativo (Rastani & Grummer, 2003),

dando origen a cambios metabólicos que promuevan la movilización de reservas destinadas a la síntesis de leche (Hayirli et al., 2002); pero producto de ello se genera la mayor síntesis de cuerpos cetónicos que causa la cetosis (Walsh et al., 2007). Nuestros resultados han mostrado que la prevalencia general de cetosis subclínica fue mayor durante la primera semana luego del parto, indicativo de que los animales estaban haciendo uso de sus reservas grasas de manera intensa, por el mayor nivel de beta-hidroxibutirato detectado; a los 56 DPP sin embargo, la prevalencia general fue mucho más baja, debido a que muchas vacas ya habían alcanzado el pico de su curva de lactancia y porque además sus mecanismos adaptativos estaban optimizando el consumo de MS para generar la energía necesaria para sus necesidades productivas. Esto se corrobora con los reportes de varios autores (Koeck et al., 2014; Santschi et al., 2016; van der Drift et al., 2012), que manifiestan que la mayor prevalencia de hipercetonemia se ha detectado durante las dos semanas de lactancia, disminuyendo mucho a partir de entonces (del 18% al 7%) entre la cuarta y octava semana de lactancia (van der Drift et al., 2012).

4.2. Prevalencia de Hipocalcemia

La prevalencia de hipocalcemia subclínica detectada en el presente trabajo fue 8.3% y 38.9%, a los 7 y 56 DPP, respectivamente. Pocos estudios epidemiológicos se han realizado para determinar la concentración del punto de corte en que una vaca debe ser clasificada como hipocalcémica; un trabajo de Caixeta et al. (2017) muestra que vacas con concentraciones de calcio total <8,6 mg/dL en los primeros días post parto, se puede considerar como "hipocalcemia crónica subclínica". Los valores de calcemia encontrados en el presente trabajo son similares a lo reportado por Vargas (2015) en Arequipa, con un promedio de 8.19 mg/dl de calcemia (rango de 4.6 a 10.1 mg/dl), en los primeros días post parto y 8.84 mg/dl (rango 3.2 a 10.1 mg/dl), al día 17 post parto, encontrando una prevalencia de hipocalcemia subclínica de 40.9 % en el periodo peripartal y una prevalencia de hipocalcemia subclínica de 27.3 %, a los 17 días post parto. La incidencia de hipocalcemia se asocia positivamente con la producción de leche, y el riesgo para su presentación puede llegar a ser $OR = 1.5$ para vacas que produjeron 7,050 Kg de leche con vacas que produjeron 4,070 Kg de leche en las mismas condiciones (Albornoz et al., 2016). Las enfermedades de la producción que se presentan durante el periodo de transición no son eventos independientes, sino que suelen ser parte de un complejo y se relacionan entre sí (Van Saun, 1997). Si una vaca sufre hipocalcemia puerperal tendrá cuatro veces más probabilidades

de tener retención placentaria y la retención placentaria aumenta 16.4 veces la probabilidad de incidencia de cetosis, vacas con desplazamiento de abomaso son 1.8 veces más propensas a sufrir de hipocalcemia puerperal, retención de placenta o cetosis (Curtis et al., 1983). En el presente trabajo, al correlacionar los casos de cetosis e hipocalcemia subclínicas a los 7 y 56 DPP, ésta fue negativa, es decir que a medida que el nivel de cetosis subclínica sube, los valores de calcemia son más. Los niveles de calcio en la sangre de la vaca disminuyen después del parto debido a una deficiente movilización del calcio almacenado en los huesos a la sangre o a una inadecuada ingesta de calcio a través de la alimentación y esto puede afectar la capacidad de las vacas para metabolizar adecuadamente los ácidos grasos y puede predisponer a la cetosis; a su vez, la cetosis puede afectar la capacidad de las vacas para absorber y utilizar el calcio, lo que puede empeorar la hipocalcemia (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018). Asimismo, al evaluar la hipocalcemia subclínica como factor de riesgo para la cetosis subclínica, se encontró valores de OR de 4.25 y 4.42 para los / y 56 DPP respectivamente, valores mayores a lo reportado por Berge & Vertenten (2014) citado por Garzón y Oliver (2018), que mencionan que la hipocalcemia tiene un $OR = 2.0$ para la presentación de casos de cetosis en las vacas.

4.3. Asociación entre Cetosis subclínica y Condición Corporal (CC)

Se encontró asociación estadística entre la CC y la presencia de cetosis subclínica, a los 7 y 56 DPP con una correlación negativa entre CC y los niveles de BHB, tanto a los 7 como a los 56 DPP. Como el peso vivo de un animal no es un buen indicador de las reservas corporales, ya que animales de un mismo peso, pero de diferente conformación, pueden presentar diferentes niveles de engrasamiento (Valdés et al., 2015), es conveniente evaluar la condición corporal, sobre todo en el periodo de transición. Vacas que paren con una CC inferior al óptimo producen menos leche por carecer de las reservas energéticas necesarias para sostener altas producciones con limitados consumos de MS. Una alimentación post parto baja en energía también aumenta las posibilidades de cetosis, ya que dietas post parto con baja participación de concentrados almidonosos no permiten mantener la glucemia en los niveles requeridos para el uso completo de las reservas movilizadas, aumentando de esta manera la incidencia de cetosis (Grigera & Bargo, 2005).

Al evaluar la condición corporal de las vacas como factor de riesgo para la presentación de cetosis subclínica a los 7 DPP, se determinó un OR: 0.125 no sig-

nificativo, y a los 56 DPP, un OR: 0.5 altamente significativo, considerándose a la condición corporal como factor de protección frente a la cetosis subclínica. La cantidad de reservas que una vaca posee al momento del parto tiene una influencia muy fuerte en potenciales complicaciones al momento del parto o inmediatamente después del mismo, en la producción de leche, y en la eficiencia reproductiva para la próxima lactancia. Las vacas con una CC pobre o muy gordas, pueden tener, entre otras, una mayor incidencia de ciertas enfermedades metabólicas. El cambio de CC durante el periodo peripartal es mayor en los animales que padecen algún grado de cetosis a los 30 ± 3 días post parto que, en animales sanos, lo que quiere decir que los animales que pierden más CC en este periodo, son más propensos a presentar algún grado de cetosis tipo I; esto se debe principalmente a una disminución del consumo de materia seca y a la movilización de la grasa corporal para generar energía (Saborío-Montero & Sánchez, 2013). En otros estudios (Gearhart et al., 1990; Gillund et al., 2001) se reportó una relación entre la condición corporal al parto y la propensión a sufrir cetosis. Gillund et al. (2001) señalan en su estudio que las vacas con cetosis perdieron significativamente más condición corporal en comparación con las vacas sanas durante la lactancia.

4.4. Interacción entre Edad y Cetosis subclínica

Se correlacionó la edad con los niveles de cuerpos cetónicos de las 72 vacas evaluadas obteniendo una correlación negativa débil ($R = -0.255686427$), que indica que a menor edad habría más casos de cetosis subclínica, aunque no de manera determinante. La edad de la vaca y la presentación de cetosis bovina suelen estar asociadas; la cetosis bovina es una enfermedad metabólica que afecta principalmente a las vacas lecheras en las primeras semanas después del parto y es durante este período que las vacas experimentan una demanda de energía muy alta para producir leche, lo que puede resultar en un desequilibrio energético y la presentación de cuadros de cetosis. Según algunos autores, las vacas jóvenes y las primíparas tienen un riesgo de desarrollar cetosis bovina debido a que su adaptación al estrés del parto y la producción de leche es menor, pero las vacas de mayor edad también pueden estar en riesgo debido a cambios en su metabolismo y menor capacidad de adaptación en general. En otras investigaciones se ha reportado que animales con 2 y 3 partos han presentado un riesgo mayor que los animales de primer parto (OR=2,1; 2,8, respectivamente), esto como consecuencia de un balance energético negativo más severo en las vacas múltiparas en relación con la mayor producción láctea (Roche et al., 2013; Shin et

al., 2015).

En el presente trabajo, al evaluar edad de las vacas como factor de riesgo para la presentación de cetosis subclínica, se determinó un OR: 0.65, considerándose, de manera significativa, a la edad como factor de protección para cetosis subclínica, es decir, a más edad, menos riesgo de cetosis subclínica. Los animales detectados con cetosis subclínica a los 56 DPP, tuvieron una edad promedio de 3 años.

4.5. Cetonemia y composición de la leche

Según los resultados obtenidos en la presente investigación, se obtuvo una correlación negativa entre cetonemia y el % de lactosa en la leche, tanto en vacas con niveles normales de BHB y las que tuvieron cetosis subclínica. Algunas investigaciones como las de Hernández y Ponce (2005) sugieren que existe una estrecha relación entre los desbalances nutricionales y los estados de subalimentación de los animales, con la aparición de ciertas alteraciones metabólicas y del Síndrome de Leche Anormal (SILA), donde se presentan alteraciones múltiples en la composición láctea y en sus características fisicoquímicas, mencionando que el contenido de lactosa estuvo por debajo de 4.60%. Una mayor concentración de lactosa en la leche podría estar asociada a un mayor riesgo de desarrollar cetosis en vacas lecheras, aunque la relación exacta entre la cetosis y el nivel de lactosa en la leche aún no está completamente entendida y puede haber otros factores involucrados, como el estado de salud general de la vaca, la alimentación y otros factores de manejo.

No se encontró asociación entre % grasa en leche y cetosis subclínica, a los 7 y 56 DPP. La disminución del contenido de grasa en la leche debido a que la enfermedad afecta la capacidad de las vacas para movilizar y utilizar los lípidos almacenados en el cuerpo, lo que conduce a una disminución de la síntesis de grasa en la glándula mamaria; algunos estudios sugieren que la cetosis bovina podría tener un efecto negativo en el contenido de proteínas de la leche. Aunque existen pocos estudios previos que relacionen la cetosis con los niveles de grasa y proteína en leche, Duffield (2000) señaló que ambos parámetros se incrementaban cuantos mayores eran los niveles de BHB en post-parto, y Guliski y Socha (2021) determinan que la aparición de cetosis en rebaños lecheros conduce a cambios significativos en la composición química de la leche. El porcentaje de grasa en leche ha sido también evaluado como un factor asociado a cetosis, así, un incremento en 1% en la grasa de la leche, aumentaba en el doble el riesgo de cetosis, sin embargo, este parámetro no tendría mucha sensibilidad y especificidad para el diagnóstico de cetosis, según Garzón y Oliver (2018).

Se determinó también que el % de proteína en leche es un factor de protección, aunque no de manera significativa.

Al correlacionar la Relación G/P de la leche con los valores de cetonemia, se encontró una correlación positiva para los 7 y 56 DPP, respectivamente; pero al asociar los casos de cetosis subclínica con la relación G/P no se encontró una asociación estadísticamente significativa. Algunas investigaciones han evaluado el ratio grasa: proteína de la leche, como un probable indicador de cetosis subclínica (Fouz et al., 2015; Guliski & Socha, 2021). La movilización de grasa asociada a la cetosis ocasiona una entrada de triglicéridos a la sangre lo que conduciría a un incremento del porcentaje de grasa en la leche (Fouz et al., 2015). Según estos investigadores, durante los tres primeros meses de lactación los animales con cetosis subclínica muestran ratios grasa: proteína en leche más altos que el ratio óptimo (1.25). Guliski y Socha (2021) clasificaron a las vacas en cuatro categorías según la proporción de grasa a proteína (relación F/P): 1 = indicativo de acidosis ruminal; 1.1-1.4 = proporción óptima; 1.5-1.7 = cetosis subclínica; > 1.7 = cetosis clínica. Nuestros resultados (ratio 1.4) demostraron que la cetosis y, en consecuencia, la proporción de grasa y proteína afectaron las características de producción de leche. Según Duffield et al. (1997), el ratio grasa: proteína ha demostrado tener una baja sensibilidad y especificidad (58% y 69%, respectivamente) para diagnosticar cetosis por el efecto directo que tiene la nutrición sobre estos parámetros; se podría utilizar más como un predictor de balance energético que para diagnóstico de la cetosis (Grieve et al., 1986), aunque serían necesarios otros estudios para determinar el punto de corte y exactitud de este ratio como predictor de cetosis en vacas en sistemas productivos para la sierra central del Perú.

4.6. Conclusiones

La prevalencia de cetosis subclínica a los 7 y 56 días post parto fue 23.6 % y 11.1% respectivamente, mientras que la prevalencia de hipocalcemia subclínica pa-

ra ambos periodos fue 8.3 % y 38.9 %. La correlación entre cetosis e hipocalcemia subclínicas a los siete y 56 post parto fue negativa en ambos casos. En la estimación de riesgo para hipocalcemia se obtuvo un OR: 4.25 a los siete DPP y OR: 4.52 a los 56 DPP, no siendo significativa para el primer periodo y significativa estadísticamente para el segundo periodo. Hubo asociación estadística significativa entre la condición corporal y la presencia de cetosis subclínica a los 7 DPP y 56 DPP, con un OR: 0.125 a los 7 DPP y un OR: 0.5 a los 56 DPP. Los animales con cetosis subclínica tuvieron en promedio 3 años de edad, funcionando la edad como factor de protección (OR: 0.65). La correlación entre el % de lactosa y la cetosis fue muy baja tanto a los 7 como a los 56 DPP, sin asociación entre % grasa en leche. La estimación de riesgo determinó que el % de proteína en leche funciona como factor de protección, pero sin significancia estadística. La relación %Grasa/%Proteína (G/P) de la leche asociada a los casos de cetosis subclínica no fue estadísticamente significativa. Estos resultados serán de gran utilidad para recomendar medidas preventivas y de control en los sistemas productivos de la zona.

4.7. Financiación

Esta investigación no recibió financiación externa.

4.8. Agradecimientos

Se agradece al personal técnico y administrativo de las Estaciones Experimentales del IVITA-UNMSM y El Mantaro-UNCP, así como del Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Zootecnia-UNCP, por las facilidades brindadas para la ejecución del presente trabajo.

4.9. Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

4.10. Contribución de los autores

FAV: Administración de proyecto, Conceptualización, Investigación, Escritura-revisión y edición; LGE: Investigación, Metodología; NMS: Investigación, Metodología; RDH: Investigación, Análisis formal; CADC: Conceptualización, Recursos

Referencias

- Adco, A. R. (2014). *Prevalencia de Cetosis Subclínica En Vacas Lecheras de La Raza Holstein Utilizando El Keto Test Como Método de Diagnóstico, En El Asentamiento E Sección 5, 6 y 7 Bajo El Control de Productividad Lechera de La Irrigación de Majes, Distrito de Majes, Región Arequipa* [Tesis de maestría, Universidad Católica de Santa María]. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/4388>
- Albornoz, L., Albornoz, J. P., Morales, M., & Fidalgo, L. E. (2016). Hipocalcemia puerperal bovina: Revisión. *Veterinaria (Montevideo)*, 52(201), 28-38. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6070512>

- Arechiga-Flores, C. F., Cortés-Vidauri, Z., Hernández-Briano, P., Lozano-Domínguez, R. R., López-Carlos, M. A., Macías-Cruz, U., & Avendaño-Reyes, L. (2022). La hipocalcemia en la vaca lechera. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(4), 1025-1054. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i4.5277>
- Asl, A. N., Nazifi, S., Ghasrodashti, A. R., & Olyaei, A. (2011). Prevalence of subclinical ketosis in dairy cattle in the southwestern Iran and detection of cutoff point for NEFA and glucose concentrations for diagnosis of subclinical ketosis. *Preventive Veterinary Medicine*, 100(1), 38-43. <https://doi.org/10.1016/j.pvetmed.2011.02.013>
- Barrientos, D. F. (2017). *Evaluación de las buenas prácticas de ordeño en pequeños productores de leche proveedores a la planta lechera La victoria huayao chupaca* [Tesis de maestría, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/4390>
- Caixeta, L. S., Ospina, P. A., Capel, M. B., & Nydam, D. V. (2017). Association between subclinical hypocalcemia in the first 3 days of lactation and reproductive performance of dairy cows. *Theriogenology*, 94, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.01.039>
- Carrier, J., Stewart, S., Godden, S., Fetrow, J., & Rapnicki, P. (2004). Evaluation and use of three cow-side tests for detection of subclinical ketosis in early post-partum cows. *Journal of Dairy Science*, 87(11), 3725-3735. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73511-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73511-0)
- Casas, A. H. (2017). *Nivel de tecnología e índices productivos y reproductivos de vaquillas brown swiss criadas en dos sistemas de producción a 3200 msnm* [Tesis de maestría, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/4814>
- Curtis, C. R., Erb, H. N., Sniffen, C. J., Smith, R. D., Powers, P. A., Smith, M. C., White, M. E., Hillman, R. B., & Pearson, E. J. (1983). Association of parturient hypocalcemia with eight periparturient disorders in holstein cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 183(5), 559-561. <https://doi.org/10.2460/javma.1983.183.05.559>
- Daros, R. R., Hötzel, M. J., Bran, J. A., LeBlanc, S. J., & von Keyserlingk, M. A. G. (2017). Prevalence and risk factors for transition period diseases in grazing dairy cows in Brazil. *Preventive Veterinary Medicine*, 145, 16-22. <https://doi.org/10.1016/j.pvetmed.2017.06.004>
- Dohoo, I. R., Wayne, M. S., Meek, A. H., & Sandals, W. C. D. (1983). Disease, production and culling in holstein-friesian cows. I. The data. *Preventive Veterinary Medicine*, 1(4), 321-334. [https://doi.org/10.1016/0167-5877\(83\)90003-X](https://doi.org/10.1016/0167-5877(83)90003-X)
- Duffield, T. F. (2000). Subclinical ketosis in lactating dairy cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 16(2), 231-253. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30103-1](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30103-1)
- Duffield, T. F., Kelton, D. F., Leslie, K. E., Lissemore, K. D., & Lumsden, J. H. (1997). Use of test day milk fat and milk protein to detect subclinical ketosis in dairy cattle in ontario. *Canadian Veterinary Journal*, 38(11), 713-718. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1576823/>
- Duffield, T. F., Lissemore, K. D., McBride, B. W., & Leslie, K. E. (2009). Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production. *Journal of Dairy Science*, 92(2), 571-580. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1507>
- Duffield, T. F., Sandals, D., Leslie, K. E., Lissemore, K. D., McBride, B. W., Lumsden, J. H., Dick, P., & Bagg, R. (1998). Efficacy of monensin for the prevention of subclinical ketosis in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 81(11), 2866-2873. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75846-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75846-1)
- Fouz, R., Viña, C., Yus, E., Sanjuán, M. L., & Diéguez, F. J. (2015). Cetosis en vacas de leche durante el post-parto y su efecto sobre los niveles de grasa y proteína durante la lactación. *XVI Jornadas Sobre Producción Animal*, I, 257-259. <https://www.aida-itea.org/index.php/jornadas-aida/comunicaciones?idJor=6>
- Garzón, A. M., & Oliver, O. J. (2018). Epidemiología de la cetosis en bovinos: Una revisión. *Revista CES Medicina Veterinaria Y Zootecnia*, 13(1), 42-61. <https://doi.org/10.21615/cesmvz.13.1.4>
- Gearhart, M. A., Curtis, C. R., Erb, H. N., Smith, R. D., Sniffen, C. J., Chase, L. E., & Cooper, M. D. (1990). Relationship of changes in condition score to cow health in holsteins. *Journal of Dairy Science*, 73(11), 3132-3140. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(90\)79002-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(90)79002-9)
- Geishauser, T., Leslie, K., Tenhag, J., & Bashiri, A. (2000). Evaluation of eight cow-side ketone tests in milk for detection of subclinical ketosis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 83(2), 296-299. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74877-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74877-6)

- Gillund, P., Reksen, O., Grohn, Y. T., & Karlberg, K. (2001). Body condition related to ketosis and reproductive performance in norwegian dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 84(6), 1390-1396. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70170-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70170-1)
- Grieve, D., Korver, S., Rijpkema, Y., & Hof, G. (1986). Relationship between milk composition and some nutritional parameters in early lactation. *Livestock Production Science*, 14(3), 239-254. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(86\)90083-7](https://doi.org/10.1016/0301-6226(86)90083-7)
- Grigera, J., & Bargo, F. (2005). *Evaluación del estado corporal en vacas lecheras*. Elanco Animal Health. www.produccion-animal.com.ar
- Guliski, P., & Socha, S. (2021). The relationship between milk fat to protein ratio and selected production traits of polish holstein-friesian cows. *Animal Science Papers and Reports*, 39(3), 213-223. <http://a192.fsi.pl/uploaded/FSiBundleContentBlockBundleModelTranslatableBlockTranslatableFilesElement/filePath/2033/str213-224.pdf>
- Hayirli, A., Grummer, R. R., Nordheim, E. V., & Crump, P. M. (2002). Animal and dietary factors affecting feed intake during the prefresh transition period in holstein. *Journal of Dairy Science*, 85(12), 3430-3443. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74431-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74431-7)
- Hernández, R., & Ponce, P. (2005). Efecto de tres tipos de dieta sobre la aparición de trastornos metabólicos y su relación con alteraciones en la composición de la leche en vacas holstein friesian. *Zootecnia Tropical*, 23(3), 295-310. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692005000300005&lng=es&tlng=es
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de La Investigación: Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. McGraw-Hill Education. <https://artes.upn.edu.co/wp-content/uploads/2024/11/METODOLOGIA-DE-LA-INVESTIGACION-Sampieri-Mendoza-2018.pdf>
- Koeck, A., Jamrozik, J., Schenkel, F. S., Moore, R. K., Lefebvre, D. M., Kelton, D. F., & Miglior, F. (2014). Genetic analysis of milk -hydroxybutyrate and its association with fat-to-protein ratio, body condition score, clinical ketosis, and displaced abomasum in early first lactation of canadian holsteins. *Journal of Dairy Science*, 97(11), 7286-7292. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8405>
- Martinez, N., Risco, C. A., Lima, F. S., Bisinotto, R. S., Greco, L. F., Ribeiro, E. S., Maunsell, F., Galvão, K., & Santos, J. E. (2012). Evaluation of peripartal calcium status, energetic profile, and neutrophil function in dairy cows at low or high risk of developing uterine disease. *Journal of Dairy Science*, 95(12), 7158-7172. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5812>
- McArt, J. A. A., Nydam, D. V., & Oetzel, G. R. (2012). Epidemiology of subclinical ketosis in early lactation dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 95(9), 5056-5066. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5443>
- Oetzel, G. R. (2004). Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 20(3), 651-674. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2004.06.006>
- Ospina, P. A., Nydam, D. V., Stokol, T., & Overton, T. R. (2010). Evaluation of indicators of metabolic and energy status in dairy cows with clinical and subclinical ketosis. *Journal of Dairy Science*, 93(4), 1726-1739.
- Rastani, R. R., & Grummer, R. R. (2003). When should lactating dairy cows reach positive energy balance? *Professional Animal Scientist*, 19(3), 197-203. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31405-4](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31405-4)
- Roche, J. R., Kay, J. K., Friggens, N. C., Loor, J. J., & Berry, D. P. (2013). Assessing and managing body condition score for the prevention of metabolic disease in dairy cows. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 29(2), 323-336. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2013.03.003>
- Saborío-Montero, A., & Sánchez, J. M. (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. *Agronomía Costarricense*, 37(2), 17-29. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4588423>
- Santschi, D. E., Lacroix, R., Durocher, J., Duplessis, M., Moore, R. K., & Lefebvre, D. M. (2016). Prevalence of elevated milk -hydroxybutyrate concentrations in holstein cows measured by fourier-transform infrared analysis in dairy herd improvement milk samples and association with milk yield and components. *Journal of Dairy Science*, 99(11), 9263-9270. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11128>
- Shin, E.-K., Jeong, J.-K., Choi, I.-S., Kang, H.-G., Hur, T.-Y., Jung, Y.-H., & Kim, I.-H. (2015). Relationships among ketosis, serum metabolites, body condition, and reproductive outcomes in dairy cows. *Theriogenology*, 84(2), 252-260. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.03.014>

- Suthar, V. S., Canelas-Raposo, J., Deniz, A., & Heuwieser, W. (2013). Prevalence of subclinical ketosis and relationships with postpartum diseases in European dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96(5), 2925-2938. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6035>
- Tatone, E. H., Duffield, T. F., LeBlanc, S. J., DeVries, T. J., & Gordon, J. L. (2017). Investigating the within-herd prevalence and risk factors for ketosis in dairy cattle in ontario as diagnosed by the test-day concentration of -hydroxybutyrate in milk. *Journal of Dairy Science*, 100(2), 1308-1318. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11453>
- Valdés, C., Lanuza, F., Lépori, A., & Morales, R. (2015). *Evaluación de la condición corporal de para el engorde de vacas lecheras de descarte*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA Remehue. <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/evaluacion-condicion-corporal-engorde-t31741.htm>
- van der Drift, S. G. A., Jorritsma, R., Schonewille, J. T., Knijn, H. M., & Stegeman, J. A. (2012). Routine detection of hyperketonemia in dairy cows using Fourier transform infrared spectroscopy analysis of -hydroxybutyrate and acetone in milk in combination with test-day information. *Journal of Dairy Science*, 95(9), 4886-4898. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4417>
- Van Saun, R. J. (1997). Prepartum nutrition: The key to diagnosis and management of periparturient disease. *American Association of Bovine Practitioners Conference Proceedings. Dairy Sessions*. <https://doi.org/10.21423/aabppro19975814>
- Vargas, Y. E. (2015). *Prevalencia de hipocalcemia subclínica y factores predisponentes en Vacas Lecheras Pre y Post-Parto bajo un Sistema Intensivo de Producción. Irrigación de Santa Rita, Fundo América, Arequipa 2015* [Tesis de maestría, Universidad Católica de Santa María]. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/3099>
- Walsh, R. B., Walton, J. S., Kelton, D. F., LeBlanc, S. J., Leslie, K. E., & Duffield, T. F. (2007). The effect of subclinical ketosis in early lactation on reproductive performance of postpartum dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90(6), 2788-2796. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-560>