

Cetosis subclínica como trastorno metabólico en vacas lecheras durante las etapas productivas de periparto, lactancia temprana y lactancia media

Subclinical ketosis as a metabolic disorder of dairy cows in peripartum, early lactation, and mid-lactation

Junior Raxa Chavarría Rivera¹, Fabian García Guerrero², Berman Treminio Alcántara³, Nadir Reyes-Sánchez⁴

¹ Lic. en Medicina Veterinaria; Universidad Nacional Agraria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2993-757X> / junior.chavarria@ci.una.edu.ni

² Lic. en Medicina Veterinaria y Zootecnia; investigador independiente, fabiangarcia141@gmail.com

³ Lic. en Medicina Veterinaria y Zootecnia; investigador independiente, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2177-3400> / berman.treminio@gmail.com

⁴ PhD. en Ciencia Animal, Universidad Nacional Agraria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5579-9396> / nadir.reyes@ci.una.edu.ni

Autor de correspondencia: junior.chavarria@ci.una.edu.ni



RESUMEN

La cetosis es un desbalance metabólico que disminuye la producción, reduce la fertilidad y predispone a las vacas lecheras a otras enfermedades. Con el objetivo de determinar la frecuencia de aparición de cetosis subclínica se estudiaron 52 vacas lecheras durante tres etapas productivas (13 en periparto, 17 en lactancia temprana y 22 en lactancia media); haciendo uso de tiras colorimétricas (Jorvet URS1k®) se realizaron mediciones de cuerpos cetónicos en orina, considerando negativas las vacas que presentaron una concentración menor a 5 mg de cuerpos cetónicos por decilitro (dl). Los casos positivos se clasificaron en leves (entre 5 mg·dl⁻¹ y 50 mg·dl⁻¹) y graves (entre 51 mg·dl⁻¹ y 150 mg·dl⁻¹), considerando la etapa productiva, condición corporal y número de partos. Se registró una prevalencia de 27 % y se determinó que la lactancia media es la etapa con más casos positivos. Los casos positivos corresponden a cetosis primaria, debido a que, en la etapa postparto e inicio de la lactancia, las vacas presentan un balance energético negativo (BEN), que las vuelve susceptible a desarrollar la enfermedad. La proporción de casos graves fue similar en las etapas de lactancia temprana y lactancia media. El total de casos graves se encontraron en vacas de al menos tres partos con condición

ABSTRACT

Ketosis is a metabolic imbalance that decreases production, reduces fertility, and predisposes dairy cows to other diseases. With the objective of determining the frequency of occurrence of subclinical ketosis, 52 dairy cows were studied during three productive stages (13 in peripartum, 17 in early lactation and 22 in mid-lactation); Using colorimetric strips (Jorvet URS1k®), measurements of ketone bodies in urine were carried out. Cows that had a concentration of less than 5 mg of ketone bodies per deciliter (dl) were considered negative. The positive cases were classified as mild (between 5 mg·dl⁻¹ and 50 mg·dl⁻¹) and severe (between 51 mg·dl⁻¹ and 150 mg·dl⁻¹), considering the productive stage, body condition and number of births. A prevalence of 27% was FOUND and it was determined that mid-lactation is the stage with the most positive cases. Positive cases correspond to primary ketosis, because, in the postpartum stage and beginning of lactation, the cows have a negative energy balance (BEN), which makes them susceptible to developing the disease. The proportion of severe cases was similar in the early and mid-lactation stages. All severe cases were found in cows of at least three calvings with body condition between 3 and 3.7. No clear link was determined between the number of births

Recibido: 16 de mayo del 2023
Aceptado: 30 de noviembre del 2023



Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo donald.juarez@ci.una.edu.ni

© Copyright 2023. Universidad Nacional Agraria (UNA).

corporal entre 3 y 3.7. No se determinó una vinculación clara entre el número de partos y los casos leves y graves de cetosis subclínica. La prevalencia de la cetosis subclínica es baja en relación con otras reportadas en la región y está influenciada por factores de riesgo como la etapa productiva (periparto, lactancia temprana y lactancia media), número de partos y condición corporal de los animales, producto de una mayor concentración de cuerpos cetónicos debido al marcado balance energético negativo.

Palabras clave: lechería, cetogénico, lactación, metabolismo energético.

Al final de la gestación, inicio de lactancia y en ocasiones al pico de lactancia, las vacas lecheras enfrentan un balance energético negativo (BEN) asociado a la disminución en la ingesta de materia seca (MS) y el incremento en la demanda energética metabólica por la producción de leche en el postparto (González *et al.*, 2009; Cucunubo *et al.*, 2013; Ametaj 2014; Strieder *et al.*, 2014; Batista *et al.*, 2022).

Fiorentin *et al.* (2018) y Batista *et al.* (2022) mencionan que esta etapa de transición, que inicia tres semanas antes del parto y se extiende hasta las primeras tres semanas de lactación, implica los cambios metabólicos más significantes en las vacas en producción, sin embargo, bajo adecuadas formas de manejo el metabolismo de los animales puede superar la transición haciendo uso de sus reservas; pero si el desbalance no puede ser compensado, se desarrolla un desorden metabólico que puede tener carácter clínico o subclínico, siendo estos últimos los más difíciles de diagnosticar.

Los desórdenes metabólicos más comúnmente causados son la cetosis (aumento de cuerpos cetónicos en la sangre) y la lipidosis hepática (hígado graso), seguido de otros como la hipocalcemia, la hipomagnesemia, la acidosis ruminal y la acidosis metabólica (Chapinal *et al.*, 2011 como se cita en Fiorentin *et al.*, 2018).

La cetosis subclínica se define como el aumento en niveles de cuerpos cetónicos en sangre, leche y orina, en ausencia de signos clínicos o como el aumento de cetonas circulantes con una disminución de la salud o de la productividad (Nielen *et al.*, 1994).

Rois (2018) define cetosis como una alteración en el metabolismo de hidratos de carbono y grasas que ocurre producto del balance energético negativo al inicio de la lactancia; Campos *et al.* (2005) mencionan que la cetosis puede ser clínica o subclínica y afirman que las pérdidas económicas ocasionadas por la cetosis subclínica supera las ocasionadas por la cetosis clínica.

Garzón y Oliver (2018) atribuyen estas pérdidas a que la cetosis ocasiona la disminución de la producción de leche, la reducción de la fertilidad y predispone el riesgo de

and mild and severe cases of subclinical ketosis. The prevalence of subclinical ketosis is low in relation to others reported in the region and is influenced by risk factors such as the productive stage (peripartum, early lactation and mid-lactation), number of births and body condition of the animals, because of a higher concentration of ketone bodies due to negative energy balance.

Keywords: Dairy, ketogenic, lactation, energy metabolism.

sufrir otras enfermedades. Pérez y Pulido (2014) estimaron que la cetosis produce una disminución de 350 kg a 400 kg de leche/lactancia/vaca, causando mermas monetarias aproximadamente de USD 325.00, lo que incluye producción de leche, días abiertos (sin producción) y animales de descarte.

El objetivo de esta investigación es determinar la prevalencia de cetosis subclínica en vacas lecheras que se encuentran en las etapas productivas de periparto, lactancia temprana y lactancia media, mediante el uso de diagnóstico con tiras reactivas de orina en bovinos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación es de tipo no experimental, con alcance descriptivo y corte transversal que pretendía determinar la prevalencia de cetosis subclínica en vacas lecheras de una finca ganadera del departamento de Jinotega, en la zona central norte de Nicaragua, a partir de la aplicación de tiras reactivas de orina.

La finca se encuentra ubicada entre el kilómetro 175 y 179 de la carretera hacia el municipio de San Rafael del Norte, en las coordenadas geográficas 12°55' de latitud Norte y 85°55' de longitud Oeste, a una altitud entre 1 000 y 1 100 msnm.

Para lograr el objetivo se tomaron muestras de orina al 100 % de vacas que se encontraban en las etapas productiva descritas por Sepulveda y Wittwer (2017) correspondientes al: periparto (últimos 21 días de la gestación), lactancia temprana (entre cero días y 90 días) y lactancia media (entre 91 días y 181 días).

En total se muestrearon 52 animales distribuidos de la siguiente manera: 13 en etapa de periparto, 17 en lactancia temprana y 22 en lactancia media

La medición de cuerpos cetónicos en orina se realizó con la aplicación de tiras colorimétricas reactivas marca Jorvet URS1k®, respetando las indicaciones del fabricante, y se consideraron negativas las muestras que presentaron una concentración menor a 5 mg de cuerpo cetónico por decilitro (CC dl⁻¹), como lo sugiere Garzón y Oliver (2018). La toma y lectura de muestras se realizó durante la mañana, inmediatamente después del primer ordeño.

Para la determinación de la prevalencia de cetosis subclínica en el total de animales se utilizó el modelo de ecuación de prevalencia y proporción sugerida por Espinoza y Soto (2017):

$$P = \frac{CP}{IT} \times 100$$

Donde:

P: Prevalencia de cetosis subclínica en la muestra de estudio

CP: Casos positivos en el total de la muestra de estudio

IT: Total de individuos estudiados

En este estudio, para la interpretación de los resultados de prevalencia o presencia de cetosis subclínica se utilizó la escala propuesta por Carrión (2012) que menciona que: prevalencias menores al 30 % se consideran nivel bajo, entre 30 % y 60 % nivel medio y mayor al 60 % nivel alto.

También se calculó la prevalencia de cetosis subclínica en cada una de las etapas productivas (Periparto, lactancia temprana y lactancia media), de forma individual haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$P.ep = \frac{CP}{IT} \times 100$$

Donde:

P: Prevalencia por etapa productiva

CP: Casos positivos en la etapa productiva

IT: Total de individuos estudiados en la etapa productiva

Con los casos positivos se realizó una clasificación en casos leves (entre 5 mg dl⁻¹ y 50 mg dl⁻¹) y casos graves (entre 51 mg dl⁻¹ y 150 mg dl⁻¹) de acuerdo con lo propuesto por Vicente *et al.* (2014), y se calculó las proporciones de estos en relación a las etapas productivas, condición corporal y número de partos de los individuos.

La condición corporal (CCo) de las vacas se determinó según el modelo sugerido por Wildman *et al.* (1982) citado por Sepúlveda y Rendón (2015). El número de partos (NP) por vaca se obtuvo de las tarjetas de registro reproductivo individual. Todos los datos fueron registrados en una hoja de control para su posterior análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Prevalencia de cetosis subclínica. La cetosis es una enfermedad metabólica que ocurre al inicio y en la parte media de la lactancia en vacas productoras de leche, debido a que las necesidades energéticas exceden el consumo dietético de carbohidratos (Garzón y Oliver, 2018), desencadenando un balance energético negativo (BEN), caracterizado por concentraciones anormalmente elevadas de cuerpos

cetónicos en tejidos y fluidos corporales (acetona, acetato, β-Hidroxibutirato) (Herdt, 2000).

En la Figura 1 se observa una prevalencia de nivel bajo (< 30 %) de cetosis subclínica atendiendo el total de animales; este valor es superior a los reportados por Huertas-Molina *et al.* (2020) de 7.9 % para las regiones de Antioquia, Cundinamarca, Boyacá y Caldas en Colombia; Fiorentin *et al.* (2018) reportan 9 % en Santa Catarina, Brasil, y Torres *et al.* (2017) registraron 14 % en el valle Central y zona norte de Costa Rica.

El valor encontrado en este estudio es inferior al valor de 33.3 % reportado por Cuascota (2014) en unas granjas lecheras de Quito, Ecuador.

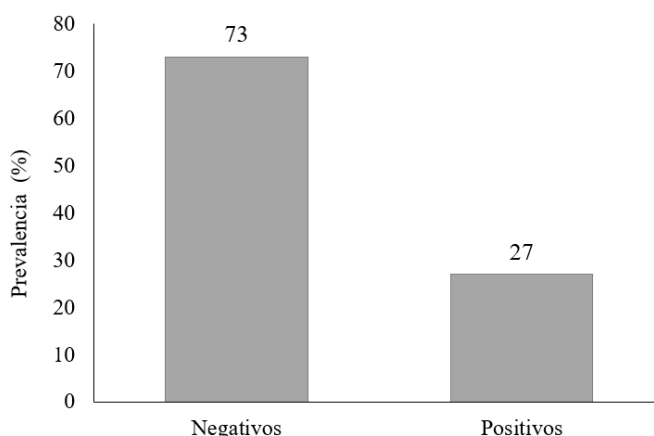


Figura 1. Prevalencia de Cetosis en total de individuos estudiados.

Estas diferencias entre los resultados probablemente pueden explicarse por diferencias en tipo y frecuencia de alimentación, estación del año al parto, raza de las vacas, nivel de producción de leche de las vacas, porcentaje de grasa en la leche, sistema de ordeño, entre otros (Garzón y Oliver, 2018).

Prevalencia de cetosis subclínica en las etapas de periparto, lactancia temprana y lactancia media. En la Figura 2 se muestra que al avanzar en las etapas productivas desde el periparto hacia la lactancia temprana y la lactancia media, disminuyen los casos negativos y se incrementan los casos positivos de cetosis a partir de la lactancia temprana.

La prevalencia de cetosis subclínica en lactancia inicial o temprana es cercana al valor reportado por Redrovan *et al.* (2020) de 28 % e inferior al valor de 41 % registrado por González *et al.* (2009).

Según González (2009), es común que se presente cetosis subclínica en vacas lecheras durante la lactancia temprana o media, ya que gran parte de la presión etiopatogénica para el desarrollo de la cetosis, deriva de las altas demandas de glucosa utilizada por la glándula mamaria

como el principal precursor para la síntesis de lactosa en la lactación profusa.

Además, existe mayor riesgo de desarrollar cetosis subclínica o clínica, en la etapa inicial o temprana de lactancia, debido al estrés causado en la vaca por el nacimiento de la cría y por la mayor demanda de energía para mantener la producción de leche (Cucunubo *et al.*, 2013).

Strieder *et al.* (2014) en estudios realizados sobre el comportamiento de parámetros bioquímicos en bovinos de lechería, sostiene que en la etapa de postparto existe un incremento de los cuerpos cetónicos en las primeras semanas de lactancia, porque la vaca está en un balance energético negativo y tiene que movilizar sus reservas corporales, no obstante, al avanzar la lactancia hay una tendencia al restablecimiento del balance energético.

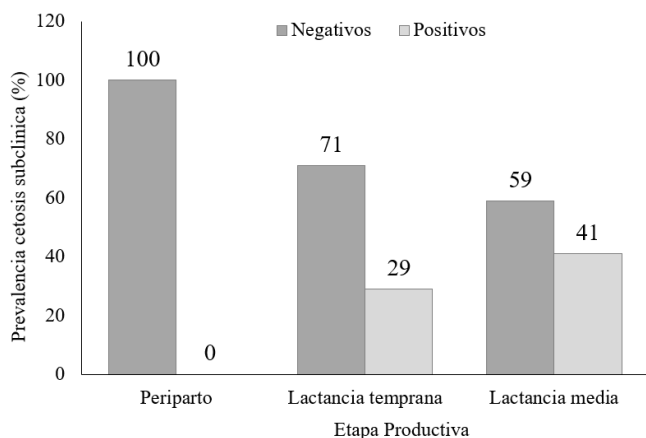


Figura 2. Prevalencia porcentual de cetosis subclínica por etapa productiva.

Casos leves y graves de cetosis subclínica en las etapas de periparto, lactancia temprana y lactancia media. Vicente *et al.* (2014) aseguran que clasificar la cetosis subclínica nos permite determinar qué tan probable es que se desarrolle una cetosis clínica y así tomar medidas preventivas para evitar que los animales con diagnóstico positivos evolucionen en un cuadro que los pueda llevar a la muerte.

En la Figura 3 se observa que a medida que se avanza hacia la lactancia media, hay un incremento en la proporción de casos leves de cetosis, mientras que la proporción de casos graves permanece constante.

Strieder *et al.* (2014), en un estudio del comportamiento de indicadores energéticos en vacas lecheras, determinaron que, durante la transición del parto al postparto, los niveles de cuerpos cetónicos tienden a subir, sin embargo, en muchas ocasiones esta elevación propicia una mejor adaptación hepática, por estimular la gluconeogénesis, este estímulo cetogénico en el periparto permite mayor

producción láctea en las primeras tres semanas post-parto. Este mismo autor aclara que dichas elevaciones no son una constante y van a variar en dependencia de otras variables como la condición corporal o el manejo nutricional de los animales.

A partir del segundo tercio de lactancia se inicia el descenso de la “curva de lactancia” (CL), en esta etapa, según confirma Bretschneider *et al.* (2015) la vaca tiene la habilidad de mantener niveles elevados de producción; podemos deducir, que los animales en esta etapa productiva estarían sometidas a demandas energéticas altas, que provocarían el aumento de concentraciones de cuerpos cetónicos.

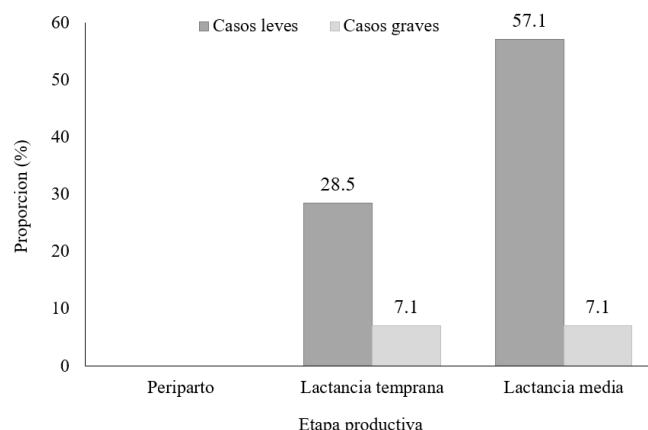


Figura 3. Proporción (%) de casos leves y graves de cetosis subclínica según etapa productiva.

Estudiando desórdenes metabólicos en vacas lecheras, Fiorentin *et al.* (2018) reportan que no existen diferencias significativas o influyentes en el reporte de casos clínicos y subclínicos de cetosis atendiendo el posible vínculo entre la etapa productiva y el nivel de cetosis en vacas de lechería; y consideran que la frecuencia de aparición podría estar más vinculada con factores intrínsecos como la condición corporal.

Casos leves y graves de cetosis subclínica según número de partos. El número de parto se ha identificado como un factor de riesgo para la cetosis (Suthar *et al.*, 2013; Vanholder *et al.*, 2015). En el presente estudio, no se registra una tendencia clara en relación a las proporciones de casos leves y graves de cetosis subclínica, en función del número de partos o lactancias; no obstante, se observa que la proporción de casos leves de cetosis subclínica tiene un comportamiento variado (aumento-disminución) en relación al número de partos y se registran los casos graves únicamente al tercer parto (Figura 4).

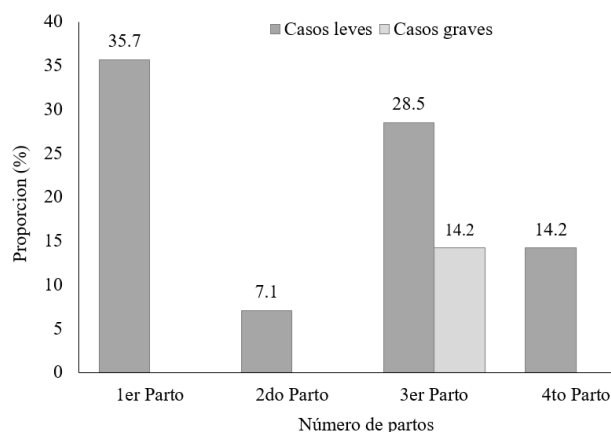


Figura 4. Proporción de casos leves y graves de cetosis subclínica según número de partos.

Este incremento de los casos graves puede explicarse según Vanholder *et al.* (2015), porque el número de partos o lactancias es otro factor de riesgo de cetosis subclínica, así los animales con dos y tres partos tienen un riesgo mayor que los animales de primer parto, como consecuencia de un balance energético negativo más severo en las vacas multíparas (vacas con más de un parto) relacionado con una mayor producción láctea (Roche *et al.*, 2013; Berge y Vertenten, 2014), y tienen mayor pérdida de condición corporal por la movilización de grasa corporal, para asegurar los requerimientos de energía para la lactación (Coffey *et al.*, 2004).

Huertas-Molina *et al.* (2020), Garzón y Oliver (2018), Redrovan *et al.* (2020) Asl *et al.* (2011) como se cita en Fiorentin *et al.* (2018) y Vanholder *et al.* (2015), afirman que el número de partos es un factor importante en la manifestación de hipercetonemia y de cetosis bovina y que vacas de dos a tres partos tienen mayor riesgo de presentar cetosis, como consecuencia de un balance energético negativo, más pronunciado, en relación con su mayor producción láctea. Es necesario destacar que, en contraste con los argumentos anteriores, Fiorentin *et al.* (2018) expresa el número de partos no es un parámetro tan influyente.

Otro factor a considerar que no fue objeto de estudio en esta investigación, es la época de ocurrencia del parto. Vanholder *et al.* (2015) mencionan que los partos durante la época de seca, son un factor de riesgo para el desarrollo clínico y subclínico de la enfermedad, lo cual está principalmente relacionado por la disponibilidad y la calidad del alimento en esta época del año, un factor que podría ser importante en animales en pastoreo en condiciones tropicales, donde a pesar de la ausencia de estaciones, la disponibilidad de alimento se ve disminuida drásticamente durante las temporadas de sequía, lo que tiene un efecto directo sobre el consumo de materia seca y que representa un riesgo para el desarrollo de cetosis.

Casos leves y graves de cetosis subclínica según condición corporal.

Redrovan *et al.* (2020) señala que:

La determinación del estado corporal de las vacas lecheras representa una práctica de manejo clave para monitorear programas de alimentación. Su estimación en momentos claves como el secado, ingreso al preparto, al parto y en el pico de producción permite diagnosticar deficiencias nutricionales (sub o sobrealimentación) y ajustar el manejo de la alimentación de acuerdo con las necesidades de los animales. (p. 10)

El índice de condición corporal (CCo) es una manera de evaluar el almacenamiento de energía de los animales y es medido en una escala de 1 a 5, donde 1 clasifica al animal como flaco y 5 como obeso. Ambos extremos son inadecuados y afectan directamente la salud de los animales, resultando en desordenes metabólicos, reducción de las tasas reproductivas, disminución de la producción de leche y presentación de enfermedades posparto, entre las cuales puede destacarse la cetosis (Fernandes *et al.*, 2016).

Gillund *et al.* (2001) argumentan que el principal y más influyente factor de riesgo para el desarrollo de cetosis como trastorno metabólico en vacas lecheras, es la condición corporal al parto. La condición corporal entre moderada y alta es un factor de riesgo de cetosis subclínica. Vanholder *et al.* (2015) reportan que animales con CCo entre 3 y 3.75 tienen 1.5 veces mayor riesgo de desarrollar cetosis, argumento que concuerda con los resultados de este estudio (Figura 5), donde las vacas con cetosis subclínica tienen un índice de condición corporal dentro del intervalo anteriormente mencionado.

Esto se debe a la mayor deposición de tejido adiposo y la subsecuente mayor movilización de ácidos grasos de las reservas energéticas para la producción de leche, que aumenta la producción y liberación de cuerpos cetónicos en el torrente sanguíneo, principalmente, acetona, acetoacetato y β-hidroxibutirato (Días *et al.*, 2011; Roche *et al.*, 2013).

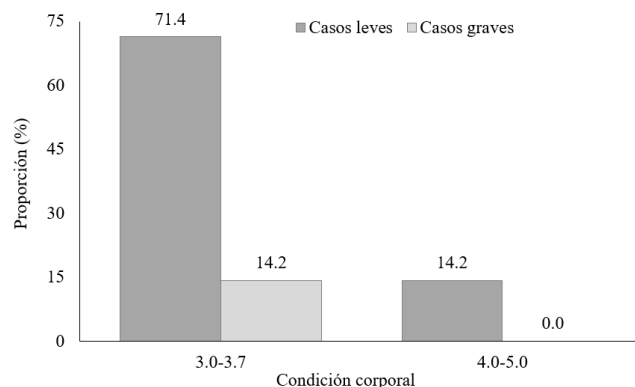


Figura 5. Proporción de casos leves y graves de cetosis subclínica según condición corporal de las vacas.

CONCLUSIONES

La prevalencia encontrada fue baja en relación con otras reportadas en la región y por las características productivas de los animales en estudio se considera que los casos positivos corresponden a cetosis primaria o de producción, que se presenta por la adaptación de la vaca lechera a la etapa postparto y la aparición del balance energético negativo al inicio de la lactancia.

La aparición del trastorno metabólico, cetosis subclínica, está influenciada por factores de riesgo como

etapa de lactancia (periparto, lactancia temprana y lactancia media), número de partos y condición corporal de los animales, producto de una mayor concentración de cuerpos cetónicos debido a un marcado balance energético negativo.

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Ciencias Comerciales de Nicaragua, por su aporte en el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ametaj, B. (2014). *Metabolic disorders of dairy cattle*. <http://www.colss.net/sample-chapters/c10/e5-15a-18.pdf>
- Batista, C. P., Gonçalves, R. S., Quishpe Contreras, L. V., Valle, S. de F., & González, F. (2022). Correlation between liver lipidosis, body condition score variation, and hepatic analytes in dairy cows. *Brazilian Journal of Veterinary Medicine*, 44, e005121. <https://doi.org/10.29374/2527-2179.bjvm005121>
- Berge, A., & Vertenten, G. (2014). A field study to determine the prevalence, dairy herd management systems, and fresh cow clinical conditions associated with ketosis in western European dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 97(4), 2145–2154. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24534510/>
- Bretschneider, G., Salado, E., Cuatrin, A. y Arias, D. (2015). *Lactancia: pico y persistencia ¿por qué cuidarlos?* <https://www.cofemersimir.gob.mx/expediente/19467/mir/47328/anexo/5171347>
- Campos, R., González, F., Coldebella A. y Lacerda, L. (2005) Determinação de corpos cetônicos na urina como ferramenta para o diagnóstico rápido de cetose subclínica bovina e relação com a composição do leite. *Archives of Veterinary Science*, 10(2), 49-54. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/8440>
- Carrion Castillo, R. (2012). *Interpretación y utilidad de los “Equipos de diagnóstico de campo” para la ganadería lechera moderna*. Ergomix. <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/interpretacion-utilidad-equipos-diagnostico-t29010.htm>
- Coffey, M. P., Simm, G., Oldham, J. D., Hill, W. G., & Brotherstone, S. (2004). Genotype and Diet Effects on Energy Balance in the First Three Lactations of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 87(12), 4318–4326. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030204735778>
- Cucunubo, L. G., Strieder-Barboza, C., Wittwer, F. y Noro, M. (2013). Diagnóstico de cetosis Subclínica y balance energético negativo en vacas lecheras mediante el uso de muestras de sangre, orina y leche. *Revista Científica, FCV-LUZ*. 23(2), 111-119. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95926276004>
- Cuascota Sánchez, S. N. (2014). *Determinación de cetosis en vacas postparto de diferentes tercios de lactancia, y su relación con la calidad nutritiva del forraje de la hacienda flor andina, Pedro Moncayo –Ecuador 2014* [Tesis de ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7511/1/UPS-YT00224.pdf>
- Días, V., Garlet, R. y Araldi, D. F. (2011). *Acetonemia em vacas de leite. XVI Seminário Institucional de ensino, pesquisa e extensão. Universidade de Cruz Alta – UNICRUZ*. <https://home.unicruz.edu.br/seminario/artigos/saude/ACETONEMIA%20EM%20VACAS%20DE%20LEITE%20.pdf>
- Espinoza Macoy, A. R. y Soto Arguello, D. A. (2017). *Principales alteraciones y patologías pódales en equinos, criados en caballeriza, en la comarca de Chiquilistagua, municipio de Ciudad Sandino, departamento de Managua diciembre 2016 – marzo 2017* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/3647/>
- Fernandes, A. F. A., Oliveira, J. A., & Queiroz, S. A. 2016. Escore de condição corporal em ruminantes. *Ars veterinaria*, 32(1), 55-66. <https://arsveterinaria.org.br/index.php/ars/article/view/1048/1078>
- Fiorentin, E. L., Zanovello, S., Gato, A., Piovezan, A. L., Alves, M. V., Rocha, R. X., & Gonzalez, F. (2018). Ocurrência of subclinical metabolic disorders in dairy cows from western Santa Catarina state Brazil. *Pesquisa Veterinaria Brasil*, 38(4), 629-634. <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-5156>
- Garzón Audor, A. M. y Oliver Espinosa, O. J. (2018). Epidemiología de la cetosis en bovinos: una revisión. *CES. Medicina Veterinaria Zootecnia*, 13(1), 42-61. <https://doi.org/10.21615/cesmvz.13.1.4>
- Gillund, P., Reksen, O., Gröhn, 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://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11417697/>
- González, O. A. (2009). *Nosopatogenesis general y alteraciones metabólicas, Digestivas y hepáticas*. Sello editorial Félix Varela.
- González, F. G., Muiño, R., Pereira, V., Campos, R., & Castellote, J. L. B. (2009). Indicadores sanguíneos de lipomobilização e função hepática no início da lactação em vacas leiteiras de alta produção. *Ciência Animal Brasileira / Brazilian Animal Science*, 1, 64–69. <https://revistas.ufg.br/vet/article/view/7715>

- Huertas-Molina, O., Guzmán C, V., Palacio, L. G., Zambrano-Varón, J. y Olivera-Angel, M. (2020). Concentraciones séricas de Beta-hidroxibutirato y su asociación con enfermedades posparto en bovinos de leche. *Revista MVZ Córdoba*, 25(3), e1821. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1821>
- Vicente, F., Rodríguez, M. L., Martínez-Fernández, A., Soldado, A., Argamentería, A., Peláez, M., & de la Roza-Delgado, B. (2014). Subclinical ketosis in dairy cows in transition period in farms with contrasting butyric acid contents in silages. *The Scientific World Journal*, 2014, 1-4. <https://doi.org/10.1155/2014/279614>
- Nielen, M., Aarts, M. G., Jonkers, A. G., Wensing, T., & Schukken, Y. H. (1994). Evaluation of two cow-side tests for the detection of subclinical ketosis in dairy cows. *Canadian Veterinary Journal*, 35(4), 229–232. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1686759/>
- Pérez, R. y Pulido, E. (2014). Apoyo metabólico: Cetosis subclínica, importancia de su diagnóstico, mitigación y prevención con el uso de extracto hepático. *Infortambo*, 20(146), 34. <https://infortamboandina.co/es/ediciones/edicion-146>
- Redrovan Passato, D. C., García Flores, J. M. y Durán Aguillón, L. E. (2020). Identificación de factores de riesgo para la presentación de cetosis subclínica en ganado bovino lechero. *Ecuador es Calidad*, 7(1), 43-50. <https://doi.org/10.36331/revista.v7i1.101>
- 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>
- Rois Castaño, L. M. (2018). *Cetosis en vacas lecheras en el complejo agropecuario industrial S. A. (CAITSA), Tizayuca, Hidalgo; México: reporte de caso* [Tesis de licenciatura, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales]. Repositorio Institucional. <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/915>
- Torres Chacón, F. J., Ramírez Rodríguez, G. J. y Segura Cubero, J. 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* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional]. Repositorio institucional. <https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14094/Fabi%c3%a1n%20Jos%c3%a9%20Torres%20Chac%c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sepulveda Mena, S. V. y Rendón Betancourt, M. R. (2015). *Frecuencia de cetosis subclínica en vacas de la hacienda Asturias en la Vereda del Aguacate del Municipio de Pereira* [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica de Pereira]. <https://core.ac.uk/download/pdf/71398736.pdf>
- Sepulveda Varas, P. y Wittwer, F. (2017). *Periodo de transición: importancia en la salud y bienestar de vacas lecheras*. https://www.researchgate.net/publication/323773170_Periodo_de_transicion_Importancia_en_la_salud_y_bienestar_de_vacas_lecheras
- Strieder Barboza, C., Cucunubo, L. G., Smulders, J. P., Wittwer, F. y Noro, M. (2014). Indicadores energéticos de vacas lecheras en periodo de transición y lactancia temprana con alta o moderada condición corporal preparto. *Revista Científica FCV-Luz*, 24(1), 73-82. <https://www.redalyc.org/pdf/959/95930052006.pdf>
- 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. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030213001914>
- Vanholder, T., Papen, J., Bemers, R., Vertenten, G., & Berge, A. C. B. (2015). Risk factors for subclinical and clinical ketosis and association with production parameters in dairy cows in the Netherlands. *Journal of Dairy Science*, 98(2), 880-888. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8362>