

Diagnóstico práctico y económico de cetosis por medio de un modelo lineal utilizando la correlación de glucosa y betahidroxibutirato en sangre en vacas de doble propósito

Practical and economic diagnosis of ketosis by means of a linear model using the correlation of glucose and betahydroxybutyrate in blood in dual purpose cows

Lammoglia-Villagómez Miguel Ángel, Chagoya-Fuentes Jorge Luis, Rojas-Ronquillo, María Rebeca, Cruz-Sánchez Praxedis, Cabrera-Nuñez, Amalia.

Universidad Veracruzana – México; carretera Tuxpan-Tampico km 7.5, Tuxpan, Veracruz, CP 92800.

Nota sobre los autores:

Lammoglia-Villagómez Miguel Ángel: mlammoglia@uv.mx  <https://orcid.org/0000-0002-2958-0518>

Rojas-Ronquillo, María Rebeca: rebrojas@uv.mx  <https://orcid.org/0000-0003-3911-0779>

Cruz-Sánchez Praxedis: zs17007542@estudiantes.uv.mx

Cabrera-Núñez, Amalia: amacabrera@uv.mx  <https://orcid.org/0000-0002-3828-5940>

Chagoya-Fuentes Jorge Luis: jochagoya@uv.mx  <https://orcid.org/0000-0001-5139-6322>

Esta investigación fue financiada con recursos de los autores.

Los autores no tienen ningún conflicto de interés al haber hecho esta investigación. Remita cualquier duda sobre este artículo a Chagoya-Fuentes Jorge Luis.

RESUMEN

El estado de Veracruz tiene la mayor población de bovinos del país, dónde su principal función zootécnica es el doble propósito (DP). Las vacas de DP sufren padecimientos similares a las vacas lecheras como son el balance energético negativo (BEN), descalcificación, cetosis, metritis, entre otras. Muchas de ellas no son diagnosticadas y mucho menos tratadas. En el caso de la cetosis, la manera más sencilla de diagnosticarla es utilizando un cetómetro pero resulta difícil de conseguir y su costo es elevado. El objetivo del estudio fue utilizar las concentraciones de glucosa en sangre para predecir el grado de cetosis en vacas de DP como un método más económico y práctico. Se utilizaron 54 vacas de DP en la región norte de Veracruz. Su alimentación consistió en pasturas, pulpa de cítrico, agua y sales minerales. Todas las vacas se ordeñaron dos veces al día y tuvieron una producción media diaria de 16.6 ± 1.01 Kg,

Recibido: 04/09/2022

Aceptado: 03/11/2022

Publicado: 01/12/2022



Copyright (c) 2022 Lammoglia-Villagómez Miguel Ángel, Chagoya-Fuentes Jorge Luis, Rojas-Ronquillo, María Rebeca, Cruz-Sánchez Praxedis, Cabrera-Nuñez, Amalia.
Esta obra está protegida por una licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

una media de 54.6 ± 5.0 días en leche y 3.0 ± 0.25 de condición corporal. Se colectó una muestra de sangre y se determinaron las concentraciones de glucosa (Glucómetro, OneTouch) y del cuerpo cetónico β -hidroxibutirato (BHB, cetómetro, FreeStyle). También se registró la condición corporal (escala del 1 al 5 en donde 1=emaciada y 5=obesa). La leche se midió utilizando pesadores integrados a la línea de leche (Waikato). Se utilizó el software JASP versión 0.16.3 para hacer el análisis estadístico. Los resultados indican varias correlaciones significativas ($P < 0.05$): Glucosa*condición corporal; número de lactancia*producción de leche y número de lactancia*condición corporal. Sin embargo, la de mayor relevancia fue la correlación glucosa*BHB (-0.56 y $P < 0.0001$). Utilizando un modelo lineal de mínimos de cuadrados ($P < 0.05$) se predijeron las concentraciones de BHB basados en las de glucosa; los resultados fueron: Glucosa (mg/dL) 10, 15, 25 y 35 equivalente a BHB (mmol/L) 2.02, 1.71, 1.09 y 0.46; respectivamente. En conclusión, se encontró una correlación negativa entre las concentraciones de glucosa y BHB y utilizando un modelo lineal se pudo predecir las concentraciones de BHB basado en las concentraciones de glucosa. Esto es importante ya que pudiera ser posible hacer un diagnóstico aproximado del grado de cetosis, más económico y fácil de obtener.

Palabras clave: Doble propósito, cetosis, β -hidroxibutirato, concentraciones de glucosa.

ABSTRACT

Veracruz state has the largest bovine population in México, where its main zootechnical function is dual purpose (DP). DP cows suffer conditions like dairy cows, such as, negative energy balance (NEB), decalcification, ketosis, metritis, among others. Where, many of them are not diagnosed and much less treated. In the case of ketosis, the easiest way to diagnose it is using a ketometer, but it is difficult to obtain, and its cost is high. The aim of the study was to use blood glucose concentrations to predict the degree of ketosis in DP cows as a more economical and practical method. 54 DP cows located in the northern region of Veracruz, were used. Their diet consisted of pastures, citrus pulp, water, and mineral salts. All cows were milked twice a day and had a mean daily production of 16.6 ± 1.01 Kg, a mean of 54.6 ± 5.0 days in milk and 3.0 ± 0.25 in body condition. A blood sample was collected and glucose concentrations (Glucometer, OneTouch©), and β -hydroxybutyrate ketone body (BHB, ketometer, FreeStyle©) were determined. Body condition was also recorded (scale from 1 to 5 where 1=emaciated and 5=obese). Milk was measured using weighers integrated into the milk line (Waikato©). The JASP version 0.16.3 software was used to perform the statistical analysis. Results indicate several significant correlations ($P < 0.05$): Glucose*body condition; lactation number*milk production and lactation number*body condition. However, the most relevant was the glucose*BHB correlation (-0.56 and

$P < 0.0001$). Using a linear least-squares model ($P < 0.05$) BHB concentrations were predicted based on glucose concentrations; the results were: Glucose (mg/dL) 10, 15, 25 and 35 equivalent to BHB (mmol/L) 2.02, 1.71, 1.09 and 0.46; respectively. In conclusion, a negative correlation was found between glucose and BHB concentrations and using a linear model it was possible to predict BHB concentrations based on glucose concentrations. This is important as it may be possible to make a rough diagnosis of the degree of ketosis cheaper and easier to obtain.

Keywords: Dual Purpose Cows, Ketosis, β -hydroxybutyrate, Blood glucose.

INTRODUCCIÓN

El periodo de transición en vacas lecheras es probablemente el periodo más importante de todas sus etapas metabólicas (LeBlanc, 2014). Durante esta fase, la vaca lechera sufre grandes cambios fisiológicos, metabólicos, físicos y hormonales por lo que se puede decir que son muchos cambios en poco tiempo. Adicionalmente, se generan otros cambios que contribuyen hacer más delicado este periodo, por ejemplo: cambian su alimentación y manejo, al pasar de estar sin producir leche, gestante, tranquila, cómoda y con tiempo libre a no gestante, en producción y estar sometida a horarios de ordeña, de corral, de comer, de descanso, etc. (Ramos, 2009). Como consecuencia de lo anterior la vaca tiene ajustes metabólicos donde se genera un balance energético negativo e inmunosupresión.

Anteriormente, se creía que estos cambios eran propios de las vacas lecheras especializadas y altas productoras, pero Lammoglia et al (2021) reportaron que muchos de estos cambios como balance energético negativo, hipoglucemia, cetosis, inmunosupresión y otros están sucediendo en vacas de doble propósito. Además, los autores indican que, estos cambios eran más duraderos en vacas de doble propósito que en vacas lecheras especializadas. Donde, padecimientos como inmunosupresión, cetosis y balance energético negativo pueden durar varias semanas más en vacas de doble propósito en comparación con vacas lecheras.

Las concentraciones de β -hidroxibutirato en sangre de vacas lecheras, en las primeras semanas de lactancia, se utilizan para diagnosticar cetosis (Balance energético negativo y movilización de grasa). Las concentraciones de este metabolito se miden utilizando el cétometro de uso humano, pero es caro y difícil de conseguir. Por el contrario, el glucómetro de uso humano es de fácil adquisición y económico. Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio es determinar si existe una correlación entre las concentraciones de β -hidroxibutirato y glucosa y utilizar estas últimas para predecir las de β -hidroxibutirato y hacer un diagnóstico temprano, económico y práctico de cetosis.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en dos unidades de producción pecuaria localizadas en la región de Tamiagua y Tihuatlán Veracruz. Estas regiones tienen un clima cálido, una temperatura media anual de 22 °C, lluvias abundantes en verano y principios de otoño, con una precipitación pluvial media anual es de 1.076 mm y una altitud de 60 metros sobre el nivel del mar. El estudio se realizó con 54 vacas multíparas (*Bos taurus* x *Bos indicus*) manejadas en un sistema de rotación intensiva de pasto Brizanta (*Brachiaria brizantha*) y Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*). Además, se les dio ensilaje de naranja (10 ± 1.5 kg/vaca/día), sales minerales y agua fresca a libre acceso.

Las vacas secas y gestantes fueron incorporadas 4 semanas antes de la fecha aproximada de parto a un grupo llamado preparto. Se les administró un tratamiento preparto (vitaminas y desparasitante) y se les proporcionó 2 kg de alimento concentrado (18% PC) diariamente. Después del parto las vacas se ordeñaron dos veces al día y se les dio 1 kg de alimento (mismo del preparto) por cada 3 litros de producción de leche.

Se registró la condición corporal de las vacas antes del parto y semanalmente después del parto hasta la semana 6. Se utilizó la escala del 1 al 5 descrita por Ferguson et al. (1994) en donde 1 = emaciada y 5 = obesa.

Se colectó una muestra de sangre directamente del plexo sanguíneo de la base de la cola, para determinar las concentraciones de β -hidroxibutirato y glucosa.

Las concentraciones de β -hidroxibutirato en sangre fueron determinadas utilizando un cetómetro de uso humano (FreeStyle[®], Optium Neo[™], Abbott, Oxfordshire, Reino Unido). Se colocaron las tiras reactivas dentro del cetómetro dejando caer 5 microlitros de sangre capilar dentro de la ranura de cada tira reactiva. La gota se absorbe y el β -hidroxibutirato en presencia de hidroxibutirato deshidrogenasa se oxida a acetoacetato con la reducción concomitante de NAD⁺ a NADH. El NADH se reoxida a NAD⁺ por un mediador redox, de manera que la corriente generada es directamente proporcional a la concentración de β -hidroxibutirato. El cetómetro arroja la lectura utilizando la unidad de milimol sobre litro (mmol/L) en 10 segundos (Fiorentin et al., 2017).

Las concentraciones de glucosa en sangre fueron determinadas utilizando un glucómetro de uso humano (OneTouch[®], UltraMini[™], LifeScan Inc, Milipitas, California, Estados Unidos). Se colocó la tira reactiva dentro del glucómetro dejando caer una gota de sangre dentro de la ranura de la tira reactiva. El análisis se basa en el método de glucosa-oxidasa. El equipo convierte la corriente

generada por la concentración de glucosa en la muestra en un resultado que se presenta en la pantalla en miligramos sobre decilitro (mg/dL) en 5 segundos (Castillo-Valeriano et al., 2018).

A las 3 semanas posparto, las vacas se revisaron mediante ultrasonografía transrectal para determinar la salud del útero.

Se utilizó el software JASP versión 0.16.3 para hacer el análisis estadístico para determinar la relación entre las concentraciones de glucosa, β -hidroxibutirato en sangre y la pérdida de condición corporal. Así también para realizar el modelo lineal y predecir las concentraciones de β -hidroxibutirato basado en las concentraciones de glucosa.

RESULTADOS

Los resultados de la correlación multivariada utilizando la prueba de Pearson o Spearman (dependiendo de las variables) indican que existen varias correlaciones significativas. Se encontró una correlación negativa (-.56 y $P < 0.0001$) entre las concentraciones de glucosa en sangre y betahidroxibutirato indicando que a menor concentración de glucosa se presentó una mayor concentración de betahidroxibutirato (Tabla 1). Las concentraciones de glucosa en sangre más bajas fueron de 10 mg/dL y en este punto las concentraciones más altas de betahidroxibutirato fueron de 2+ mmol/L y las concentraciones más altas de glucosa fueron de 50 mg/dL mientras que las de betahidroxibutirato en este punto eran de 0.50 mmol/L (Figura 1). Así mismo se observa que había menor variabilidad en las concentraciones de glucosa en sangre cuando estas eran menores a 35 mg/dL y después de 35 mg/dL se incrementaba la variabilidad (figura 1).

Tabla 1. Correlación multivariada de las concentraciones en sangre de glucosa y betahidroxibutirato, producción de leche (Kg) y condición corporal (Escala 1 – 5) en vacas de doble propósito en producción.

		R de Pearson	Valor P
Glucosa	Betahidroxibutirato	-0.566	0.0001
Número de lactancia	Producción de leche	0.326	0.02
Número de lactancia	Condición Corporal	0.348	0.01
Glucosa	Condición Corporal	0.315	0.02

También se encontró una correlación positiva entre el número de lactancia y producción de leche (Tabla 1). Las vacas de primer parto produjeron la menor cantidad de leche, las de segunda lactancia

fueron intermedias y las vacas de tres o más partos produjeron la mayor cantidad (Figura 2). Otras correlaciones significativas ($P \leq 0.01$) fueron la condición corporal y el número de lactancias (Tabla 1). Las vacas de primera lactancia tuvieron la condición corporal más baja, seguida de las vacas de segunda lactancia y las de mayor condición corporal fueron las vacas de tres o más partos (Figura 2) y otra correlación significativa ($P \leq 0.02$) fue las concentraciones de glucosa en sangre y la condición corporal (Tabla 1) y el número de lactancia y la condición corporal (Tabla 1 y figura 2). Otra correlación significativa importante fue con la cantidad de glucosa en sangre y la condición corporal (Tabla 1). Esta correlación fue positiva e indica a una mayor condición corporal mayores las concentraciones de glucosa en sangre (Figura 4).

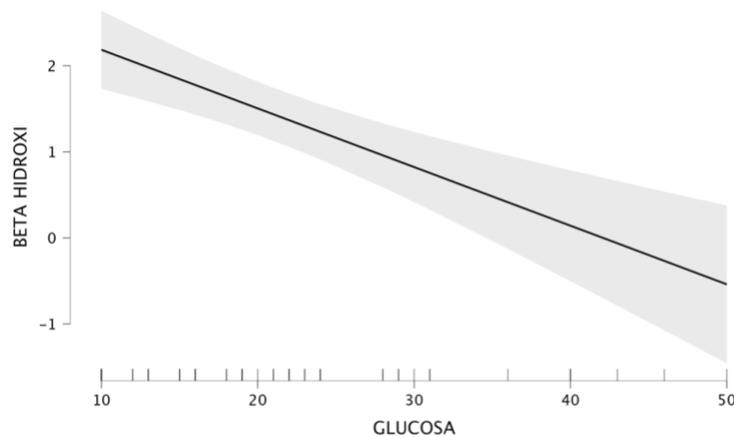


Figura 1. Modelo lineal de mínimos cuadrados ($P \leq 0.01$) entre concentraciones de glucosa en sangre y concentraciones de betahidroxibutirato en vacas de doble propósito en producción. La banda en color gris representa el intervalo de confianza de 95%.

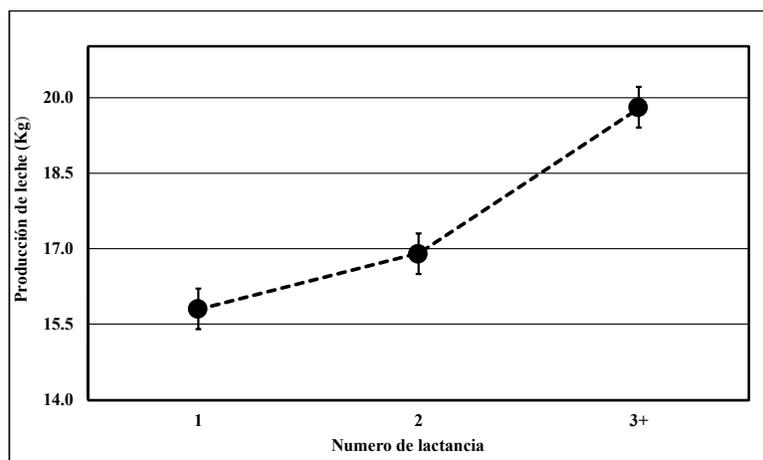


Figura 2. Comportamiento entre número de lactancia y producción de leche (Correlación: $Rho=0.316$, $P\leq 0.05$) en vacas de doble propósito en el trópico.

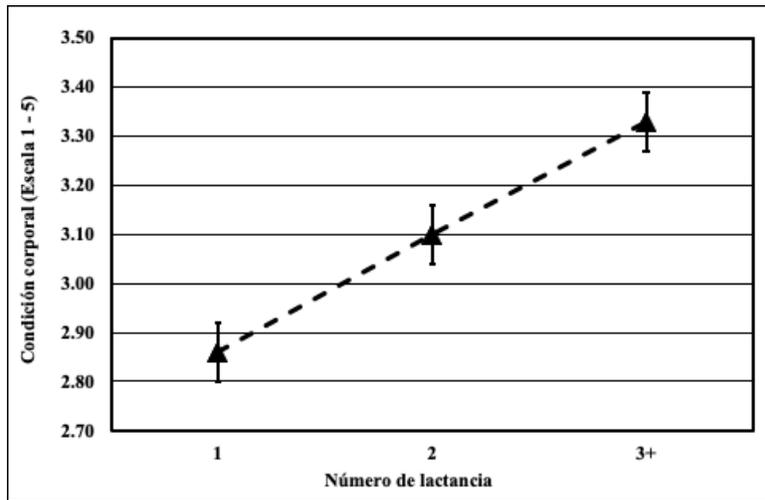


Figura 3. Comportamiento entre número de lactancia y condición corporal (Correlación: $Rho=0.348$, $P\leq 0.05$) en vacas de doble propósito en producción en el trópico.

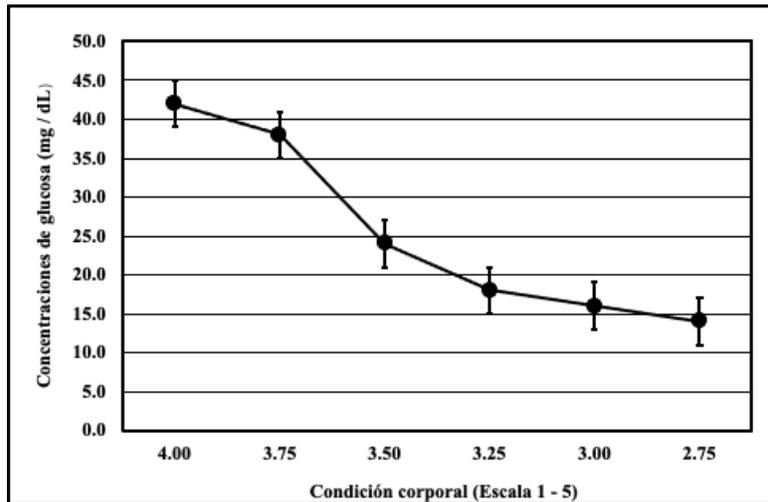


Figura 4. Comportamiento entre las concentraciones de glucosa en sangre y la condición corporal (Correlación: $R=0.315$, $P\leq 0.05$) en vacas de doble propósito en producción en el trópico.

De acuerdo al pronóstico lineal de las concentraciones de glucosa en sangre con las concentraciones de betahidroxibutirato, se observó que cuando las concentraciones de glucosa en sangre fueron de 10 mg/dL (concentración mínima registrada por el glucómetro) el pronóstico de betahidroxibutirato

fue de 2.0 mmol/L y cuando las concentraciones de glucosa en sangre incrementaron a 35 mg/mL de glucosa el pronóstico de betahidroxibutirato fue de 0.46 mmol/L (Figura 5).

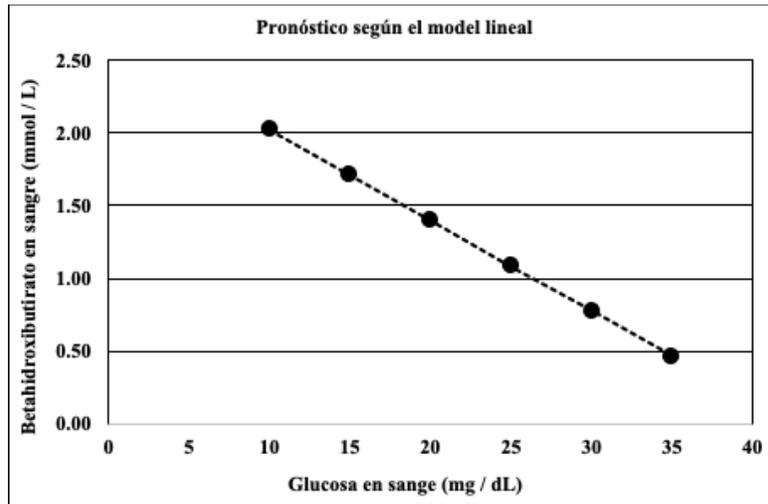


Figura 5. Pronóstico lineal (modelo obtenido mediante regresión lineal) de las concentraciones de betahidroxibutirato en sangre de acuerdo a las concentraciones de glucosa en vacas de doble propósito en producción.

El principal objetivo del estudio fue poder pronosticar las concentraciones de betahidroxibutirato en sangre a partir de las concentraciones de glucosa. Esto se logró utilizando un modelo lineal para realizar el pronóstico y los resultados se expresan en la tabla 2. El pronóstico de acuerdo lineal fue más exacto cuando las concentraciones de glucosa en sangre estuvieron en un rango de 10 mg/dL (mínimo que detecta el glucómetro) y un máximo de 35 mg/dL y las equivalencias de betahidroxibutirato estuvieron en un rango de (2 a 0.46 mmol/L; Tabla 2).

Tabla 2. Equivalencia de las concentraciones de glucosa en sangre y de betahidroxibutirato en vacas de doble propósito en producción en trópico obtenidas según el modelo de regresión lineal.

Glucosa (mg/dL)	Betahidroxibutirato (mmol/L)
10	2.02
15	1.71
20	1.40
25	1.09
30	0.77
35	0.46

DISCUSIÓN

La glucosa es uno de los principales precursores de la energía en la vaca lechera y es de suma importancia para la síntesis de leche. En este estudio, las concentraciones de glucosa en sangre más bajas fueron de 10 mg/dL y las altas de 50 mg/dL, lo anterior en concordancia con las reportadas por Castillo-Valeriano et al. (2018) en ganado doble propósito del trópico veracruzano. Sin embargo, un estudio realizado en vacas Holstein (Rosales et al., 2017) encontraron concentraciones de glucosa entre 40 y 50 mg/dL que son superiores a las reportadas en este estudio. La diferencia de los resultados puede ser debido a que las vacas del estudio comentado, produjeron más leche, pero también tuvieron mejor alimentación, que las del presente estudio, en donde el principal insumo de alimentación fueron gramíneas tropicales de baja calidad.

Una observación que pudiera hacerse de los resultados de este estudio es que las vacas de doble propósito tuvieron concentraciones de glucosa por debajo de lo idóneo (≥ 40.0 mg/dL; Meléndez, 2022), por lo que se puede considerar que padecían hipoglucemia. Este acontecimiento es de gran relevancia ya que limita la producción de leche, afecta el sistema inmune y la reproducción de estas vacas.

Es importante mencionar que la fisiología de la glucosa en la vaca lechera o de doble propósito es un tanto complicada debido a que estas vacas necesitan realizar diferentes cambios fisiológicos para poder producir leche en grandes cantidades. Algunos de estos cambios son: movilización de grasa como fuente de energía para producir más leche, balance energético negativo ya que generan más energía de la que están consumiendo y lo más crítico, es que desarrollan resistencia a la insulina durante varias semanas después del parto. Dónde, este mecanismo es necesario para garantizar mayores volúmenes de glucosa a la glándula mamaria y que esta tenga suficientes cantidades de este metabolito para producir más leche (Meléndez, 2022).

El β -hidroxibutirato es empleado principalmente para la evaluación de la cetosis (clínica y subclínica) provocada por el balance energético negativo y una alta movilidad de tejido adiposo durante la lactancia. El valor de referencia de β -hidroxibutirato en sangre en bovinos de leche es de ≥ 1.2 mmol/L, ya que valores de 1.2 o mayores ponen en riesgo la salud de la vaca (Garzón y Oliver, 2018). En este estudio se presentaron concentraciones muy por arriba de 1.2 mmol/L. Estos resultados son similares a los publicados por Lammoglia et al. (2021) en donde se encontraron valores de 1.6 mmol/L en vacas de doble propósito en producción. Es importante resaltar que estos valores son más elevados a los reportados en ganado lechero especializado. Recientemente, Torres et al. (2021) en

un estudio con 165 vacas Holstein sugirieron que las vacas que tenían concentraciones de β -hidroxibutirato en sangre ≤ 0.8 mmol/L tenían mejores parámetros reproductivos por lo que para ellos este número fue el valor de referencia. Las altas concentraciones en sangre de este metabolito en vacas de doble propósito en producción en este estudio puede deberse a una mala alimentación y alta producción de leche para las condiciones donde se encuentran, por lo que las vacas tienen que recurrir a una mayor movilización de grasas que no puede ser desdoblada tan rápidamente por el hígado y se ve reflejada en un incremento de β -hidroxibutirato en sangre.

El incremento de las concentraciones de β -hidroxibutirato en sangre y la disminución de las concentraciones de glucosa son una indicación de la movilización de grasa de la vaca y esto tiene como consecuencia una disminución de la condición corporal. Se considera normal una pérdida de condición corporal durante esta etapa temprana de la lactancia siempre y cuando no supere 1.0 punto de condición corporal (Truman et al., 2022). Se estima que las vacas pueden llegar a perder hasta 1.5 kg de peso vivo diarios por varias semanas (Truman et al., 2022).

Las variables estudiadas (β -hidroxibutirato; glucosa, producción Kg; condición corporal y número de lactancia) tienen una interacción entre ellas y tuvieron una correlación significativa. Esto es debido a que, ante la demanda de producir más leche, este tipo de vacas DP se ven en la necesidad de utilizar más energía de la que consumen por lo que recurren a la movilización de sus reservas corporales (grasa) perdiendo condición corporal e incrementando las concentraciones de β -hidroxibutirato en sangre. Además, la gran demanda de glucosa de parte de la glándula mamaria para producir leche termina con una disminución de las concentraciones de esta (hipoglucemia).

Se encontró una correlación negativa entre las concentraciones de glucosa en sangre y β -hidroxibutirato, es decir a menor concentración de glucosa en sangre mayores concentraciones de β -hidroxibutirato. Esto se puede explicar que la vaca al necesitar más energía tiende a movilizar mayores volúmenes de grasa corporal y el hígado se ve rebasado por lo que termina incrementando la producción de cuerpos cetónicos incluyendo β -hidroxibutirato. Esto es confirmado por los estudios reportados por Meléndez (2022).

Se utilizó un modelo lineal para poder predecir las concentraciones de β -hidroxibutirato en sangre basado en las concentraciones de glucosa y se pudieron obtener valores que se pueden utilizar para realizar un diagnóstico de cetosis, económico y fácil de adquirir, lo que es una buena noticia para los productores y veterinarios que se dedican a este sistema de producción.

CONCLUSIÓN

En conclusión, se encontraron varias correlaciones significativas como fueron: glucosa*condición corporal; número de lactancia*producción de leche y número de lactancia*condición corporal; sin embargo, la correlación más sobresaliente del estudio fue una correlación negativa entre las concentraciones de glucosa y BHB ya que con estos valores se realizó un modelo lineal para predecir las concentraciones de BHB en sangre basado en las concentraciones de glucosa. De acuerdo con la predicción obtenida del modelo lineal las vacas de doble propósito en producción y con concentraciones de glucosa en sangre de 25 mg/dL o menos necesitarán tratamiento de cetosis. Estos resultados son altamente significativos para los productores de ganado de doble propósito ya que podría hacerse un diagnóstico aproximado del grado de cetosis, más económico y fácil de obtener y determinar si la vaca amerita ser o no tratada para cetosis.

LITERATURA CITADA

- Castillo-Valeriano, C.U., Lammoglia, M.A., Cabrera, A., Rojas, R., Daniel, I.C. y Bello, A.E. 2018. Indicadores de inmunosupresión periparto en la vaca de doble propósito del trópico veracruzano. Memorias XLII Congreso Nacional de Buiatría-Chihuahua, Chihuahua 2018:88–95.
- Ferguson, J.D., Galligan, D.T. y Thomsen, N. 1994. Principal descriptors of body condition score in Holstein Cows. *Journal Dairy Science*. 77:2695-2703. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77212-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77212-X)
- Fiorentin, E., Tiecher, A., Menegat, C., Soares, C., Aires, A., Rocha, S. y Gonzales, F.D. 2017. Accuracy of two hand-held electronic devices for determination of blood β -hydroxybutyrate in dairy cows. *Revista Brasileira de Saúde e Producao Animal*. 18(3):439-445. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402017000300004>
- Garzón, A.M. y Oliver, O. 2018. Epidemiología de la cetosis en bovinos: Una revisión. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia* 13:42-61. <https://doi.org/10.21615/cesmvz.13.1.4>
- Lammoglia, M.A., Avalos, I., Cabrera, A., Rojas, M.R., Garcez, N. y Tabarez, A. 2021. Indicators of immunosuppression peripartum in dual purpose cows in the tropics affected health, productive and reproductive parameters. *Animal Reproduction* 18(4):2-9. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2021-0040>
- LeBlanc, S.J. 2014. Reproductive tract inflammatory disease in postpartum dairy cows. *Animal*. 8(suppl 1):54-63. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000524>

- Meléndez, P. 2022. Resistencia a la insulina en vacas lecheras. <https://ganaderiasos.com/wp-content/uploads/2019/05/resistencia-a-la-insulina-en-vacas-lecheras-.pdf>
- Ramos, A.C. 2009. Cow comfort. Editorial Servet. 516 p. PP.2-47.
- Rosales, C., Chamba-Ochoa, H., Chávez, R., Pesántes, M. y Benítez, E. 2017. Levels as indicators insulin and glucose efficiency productive and reproductive in postpartum cows. Redvet 18(3):031706. En línea: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20173138205>
- Torres, E., García, J.E., Leyva, C., Macías-Cruz, U., Hernández-Bustamante, J.D., Mellado, M. 2021. Influence of blood metabolites and body condition score at parturition on fertility and milk yield in Holstein cows. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 34(4):291-304. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v34n4a06>
- Truman, C., Campler, M.R. y Costa, J.H.C. 2022. Body condition score change throughout lactation utilizing an automated BCS system: A descriptive study. Animals 12(5):601–610. <https://doi.org/10.3390/ani12050601>

Copyright © 2022 Lammoglia-Villagómez Miguel Ángel, Chagoya-Fuentes Jorge Luis, Rojas-Ronquillo, María Rebeca, Cruz-Sánchez Praxedis, Cabrera-Núñez, Amalia.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia - Texto completo de la licencia](#)