

Artículo

Determinación de perfiles metabólicos en vacas de producción de leche bajo suplementación de concentrado

Determination of metabolic profiles in dairy cows under concentrate supplementation

Jose Humberto Vera Rodriguez ^{1*}, Fernanda Lisette Rochina Meza ², Leonel Rolando Lucas Vidal ³, Rosa Liliana Romero Blanco ⁴ y Doris Jannela Moncayo Vera ⁵.

¹ Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Guayaquil, Ecuador 091307; <https://orcid.org/0000-0003-3027-059X>

² Universidad Estatal de Milagro, Facultad de Posgrados, Maestría en Biotecnología. Milagro, Ecuador, 091050, <https://orcid.org/0009-0001-2526-362X>, frochinam@unemi.edu.ec

³ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Manabí, Ecuador, 130250, <https://orcid.org/0000-0002-2286-9407>, leonel.lucas@espam.edu.ec

⁴ Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador 090514; <https://orcid.org/0009-0006-3464-9838>, rosa.romerob@ug.edu.ec

⁵ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo 120550; <https://orcid.org/0000-0002-5341-3947>, doris.moncayo2015@uteq.edu.ec

Cita: Vera Rodriguez, J. H., Rochina Meza, F. L., Lucas Vidal, L. R., Romero Blanco, R. L., & Moncayo Vera, D. J. (2026). Determinación de perfiles metabólicos en vacas de producción de leche bajo suplementación de concentrado. *Multidisciplinary Collaborative Journal*, 4(1), 369-378. <https://doi.org/10.70881/mcj/v4/n1/135>

* Correspondencia: [jhvera@uagrar.edu.ec](mailto:jhver@uagrar.edu.ec)

 <https://doi.org/10.70881/mcj/v4/n1/135>

Recibido: 15/01/2026
Revisado: 10/03/2026
Aceptado: 15/03/2026
Publicado: 17/03/2026



Copyright: © 2026 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. (CC BY-NC).

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Resumen: La evaluación del perfil metabólico sanguíneo en animales de producción es crucial para garantizar la salud y la rentabilidad, permitiendo prevenir trastornos metabólicos. Por tanto, el estudio tuvo como objetivo evaluar el perfil metabólico en vacas de producción de leche bajo un esquema de suplementación con concentrado. Para esto se utilizó una formulación de concentrado con tres diferentes dosis, más un tratamiento control, suministrada en vacas mestizas de segunda y tercera lactancia a partir de los 70 días de producción láctea. El estudio tuvo una duración de 20 días, se tomaron muestras sanguíneas de los animales previo y posterior a la inducción del tratamiento. Se realizaron las mediciones metabólicas (Glucosa, calcio, urea y magnesio) por espectrofotometría. De manera general todos los grupos tratados se mantuvieron dentro del rango normal (Glucosa 42-75 mg/dl), (Calcio 8.4-11.0 mg/dl), (Urea 7.8-25 mg/dl), (Magnesio 1.7-3.0mg/dl), mientras que el grupo control presentó niveles hacia el límite inferior para (Glucosa y urea), y por debajo del rango de referencia para (Calcio y Magnesio). La alimentación de vacas en producción de leche con forraje como único alimento es insuficiente para poder cubrir los requerimientos metabólicos diarios. Por tanto, la inclusión diaria de alimento concentrado en las dietas no solo equilibra los indicadores sanguíneos, sino que es una herramienta preventiva fundamental para asegurar la productividad en hatos ganaderos y reducir la incidencia de patologías asociadas al desbalance metabólico en el ganado lechero.

Palabras clave: alimento balanceado, bovino, nutrición, sangre.

Abstract: The evaluation of the blood metabolic profile in production animals is crucial to ensure health and profitability, allowing metabolic disorders to be prevented. Therefore, the study aimed to evaluate the metabolic profile in

dairy cows under a concentrate supplementation regimen. For this purpose, a concentrate formulation with three different doses was used, plus a control treatment, administered to crossbred cows in their second and third lactation from 70 days of milk production. The study lasted 20 days, and blood samples were taken from the animals before and after the induction of treatment. Metabolic measurements (glucose, calcium, urea, and magnesium) were performed by spectrophotometry. In general, all treated groups remained within the normal range (glucose 42-75 mg/dl), (calcium 8.4-11.0 mg/dl), (urea 7.8-25 mg/dl), (magnesium 1.7-3.0 mg/dl), while the control group had levels close to the lower limit for (glucose and urea) and below the reference range for (calcium and magnesium). Feeding dairy cows forage as their sole source of nutrition is insufficient to meet their daily metabolic requirements. Therefore, the daily inclusion of concentrated feed in their diets not only balances blood indicators, but is also a fundamental preventive tool for ensuring productivity in livestock herds and reducing the incidence of pathologies associated with metabolic imbalance in dairy cattle.

Keywords: balanced feed, cattle, nutrition, blood.

1. Introducción

La ganadería de producción lechera actual se enfrenta al reto constante de incrementar su producción y a la par manteniendo una salud integral del animal (Rodríguez, 2020). El perfil metabólico es considerado una herramienta diagnóstica, que permite evaluar el estado fisiológico de vacas y detectar desequilibrios nutricionales previo a su manifestación como patologías clínicas (Madreseh-Ghahfarokhi & Dehghani-Samani, 2020). La sangre, al ser el tejido de transporte por excelencia, refleja fielmente la disponibilidad de nutrientes y la eficiencia con la que el organismo procesa la energía y los minerales (Puppel & Kuczyńska, 2016).

Uno de los metabolitos fundamentales en el rendimiento lechero es la glucosa, ya que es la principal fuente de energía para la síntesis de lactosa en la glándula mamaria (Hubner et al., 2022). Las vacas de alta producción, necesitan de glucosa, tanto así, que el animal depende casi exclusivamente de la gluconeogénesis hepática (Wang et al., 2022). El monitoreo preciso de sus niveles sanguíneos permite identificar estados de desbalance energético, desencadenando trastornos metabólicos graves lo que podría afectar sobre la persistencia de la curva de lactancia (Kabir et al., 2022).

El metabolismo de la proteína y la eficiencia en el uso del nitrógeno se ven reflejados en los niveles de urea sanguínea (Puppel & Kuczyńska, 2016). Este parámetro es un indicador dinámico de la relación entre la proteína degradable en el rumen y la energía disponible para las bacterias ruminales (Vera et al., 2021). Un exceso de urea puede tener efectos adversos sobre la fertilidad y el medio ambiente, mientras que niveles bajos indican una deficiencia proteica que limita la producción de leche (Prah et al., 2022).

El calcio es el mineral que desempeña un rol protagónico en la transición hacia la lactancia (Zhang, Zhao, Wang, Nan, et al., 2022), es un componente vital para la contracción muscular y la transmisión nerviosa, sus niveles deben mantenerse en rangos estrechos mediante mecanismos homeostáticos complejos (Zhang, Zhao, Wang, Wang, et al., 2022). Además, la determinación de calcio en vacas suplementadas permite valorar la capacidad del animal para movilizar sus reservas óseas y poder absorberlo, previniendo problemas de hipocalcemia en el posparto (Espíritu et al., 2025).

Por su parte, el magnesio actúa como cofactor enzimático importante en el metabolismo energético e indispensable para la movilización del calcio (Hubner et al., 2022). A diferencia de otros minerales, los bovinos tienen una limitada capacidad de almacenamiento de magnesio, depende casi totalmente de la ingesta diaria (Kabir et al., 2022). Evaluar su presencia mediante un perfil metabólico es crucial, ya que su falta puede comprometer no solo la salud ósea, sino también la estabilidad neuromuscular en vacas en producción (Prajapati et al., 2024).

La suplementación de dietas con alimento concentrado es una estrategia común para cubrir las deficiencias nutricionales que los forrajes por sí solo no logra satisfacer (Castro et al., 2023). El problema radica en que los productores operan bajo estándares internacionales que no siempre se ajustan a las condiciones ambientales o genéticas de la región. Al determinar estos perfiles, se proporciona al ganadero una base real para ajustar las raciones y optimizar la inversión en alimentación. El objetivo del estudio consistió en evaluar el perfil metabólico en vacas de producción de leche bajo un esquema de suplementación con concentrado, para establecer el efecto de la suplementación con concentrado sobre el balance metabólico sanguíneo del hato bovino.

2. Materiales y Métodos

2.1. Sitio de estudio y condiciones climáticas

El estudio se llevó a cabo durante el periodo junio-julio 2024 en la Finca Integral TALU con una extensión aproximada de 21 hectáreas, ubicada en la parroquia Canuto, cantón Chone de la provincia de Manabí-Ecuador, a una altura de 26 msnm dentro de las coordenadas 0°48'28.6"S; 80°08'08.2"W. Las condiciones ambientales durante el tiempo de estudio comprendieron una temperatura media de 25,6 °C, con una humedad relativa de 78 % y precipitaciones de 838,7 mm.

2.2. Genotipo

El genotipo utilizado correspondió a vacas mestizas (Pardo Suizo x Jersey) en producción lechera (≈70 días de lactancia), con un promedio de producción lechera de 14 Lt/vaca/día bajo un solo ordeño, dentro del segundo al cuarto parto. Previo a iniciar el estudio (30 días), las vacas fueron desparasitadas utilizando (Albendazol y Doramectina). También se le aplicó vitaminas del complejo B, y vitaminas A, D3, E, además se les aplicó calcio por vía parenteral.

2.3. Sistema de manejo

Los animales son manejados bajo un sistema estabulado alimentados con pasto picado Saboya (*Panicum máximum*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), a los cuales se les incluyó una ración ideal para la producción de estas vacas proporcionando

diferentes niveles de consumo por animal: Grupo 1 (2 Kg/día); Grupo 2 (4 Kg/día); Grupo 3 (6 Kg/día), la formulación utilizada se muestra en la tabla 1.

Tabla 1.

Formulación del concentrado para vacas lecheras con peso aproximado a los 600 Kg, 4 % de grasa en la leche y 15 Kg de leche/día.

Energía	
Neta (Mcal/kg)	1,42
Proteína	
Proteína bruta (%)	12
Contenido de fibra	
Fibra bruta (%)	17
Fibra detergente ácida (%)	21
Fibra detergente neutra (%)	28
Extracto de étere (%)	3
Minerales	
Calcio (%)	0,43
Fosforo (%)	0,28
Magnesio (%)	0,20
Potasio (%)	0,90
Sodio (%)	0,18
Cloro (%)	0,25
Azufre (%)	0,20
Hierro (ppm)	50
Cobalto (ppm)	0,10
Cobre (ppm)	10
Manganeso (ppm)	40
Zinc (ppm)	40
Yodo (ppm)	0,60
Selenio (ppm)	0,30
Vitaminas	
A (UI/kg)	3.200
D (UI/kg)	1.000
E (UI/kg)	15

2.4. Toma de muestra y procesamiento

Se realizaron dos momentos de toma de muestra (inicial previa a la inclusión de la ración del concentrado formulado) y (final 20 días de iniciado el tratamiento con el alimento concentrado). A estos animales se les extrajo muestras de sangre por punción en la arteria coccígea con aguja calibre 21G x 1 1/2", depositada en tubos de ensayo de 4,0 mL que contenían 7.2 mg de anticoagulante EDTA (ácido etilendiaminotetraacético), el mismo que fue transferido lentamente para evitar la hemólisis de glóbulos rojos. Las muestras una vez identificadas se transportaron hasta el laboratorio de bioquímica de la

Carrera de Veterinaria de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí para su procesamiento.

Primero se procedió a pesar los tubos de centrífuga con las muestras, hasta lograr equilibrar sus pesos. Luego se centrifugaron a 3.400 r.p.m durante 10 minutos en una centrífuga modelo COLE PARMER. El plasma permaneció a temperatura ambiente mientras se realizaron las diferentes mediciones metabólicas (Glucosa, calcio, urea y magnesio). Las muestras fueron analizadas siguiendo los protocolos establecidos por cada uno de los laboratorios BIOCON, Lab. RANDOX y Lab. HUMAN, y cuantificado con la ayuda de un Espectrofotómetro Modelo 20D+.

2.4.1. Perfil Glucosa

Para este analito se utilizó una longitud de onda 546 nm, con factor 100. El procedimiento consistió en colocar 1000 ul de R1 dentro de la cubeta para el espectrofotómetro B (blanco). Colocar 1000 ul de R1 dentro de la cubeta para el espectrofotómetro S (estándar) + 10 ul de R4. Colocar 1000 ul de R1 dentro de la cubeta para el espectrofotómetro M (muestra) + 10 ul del plasma sanguíneo. Las muestras S y M se llevaron a baño María a 37 °C durante 15 min.

Se inserto el blanco y regulo a 100 % de transmitancia y 0 % absorbancia, luego se introduce el estándar y la muestra dentro del espectrofotómetro, se observó el valor de absorbancia de cada uno de ellos y se realizó la siguiente ecuación para cuantificar el metabolito:

$$\text{glucosa} = \frac{\text{muestra}}{\text{standar}} \times \text{factor} = \text{mg/dl.}$$

2.4.2. Perfil Calcio:

Se calibro el espectrofotómetro a 578 nm de longitud de onda, con factor 10. Se coloco 25 ul de agua bidestilada dentro de la cubeta para el espectrofotómetro B (blanco) + 500 ul de R1 y 500 ul de R2. Luego se introdujo 25 ul de CAL dentro de la cubeta para el espectrofotómetro S (estándar) + 500 ul de R1 y 500 ul de R2. A continuación se colocó 25 ul de plasma sanguíneo dentro de la cubeta para el espectrofotómetro M (muestra) + 500 ul de R1 y 500 ul de R2. Se dejo en reposo durante 15 minutos.

Luego se inserto el blanco y regulo a 100 % de transmitancia y 0 % absorbancia, se inserta el estándar y la muestra, se observar el valor de absorbancia y se realiza la siguiente ecuación:

$$\text{calcio} = \frac{\text{muestra}}{\text{standar}} \times \text{factor} = \text{mg/dl.}$$

2.4.3. Perfil Urea:

Se calibra a una longitud de onda 580 nm el espectrofotómetro, con factor 50. Luego se coloca 1000 ul de solución de trabajo (R1 + R2) dentro de la cubeta para el espectrofotómetro B (blanco). Luego se inserta 1000 ul de solución de trabajo (R1 + R2) + 10 ul de R4 dentro de la cubeta para el espectrofotómetro S (estándar). A continuación, se ubica 1000 ul de solución de trabajo (R1 + R2) + 10 ul de plasma sanguíneo dentro de la cubeta para el espectrofotómetro M (muestra). Se incuban todas las cubetas durante 6 minutos a 37 °C a baño María.

Por último, se coloca 200 ul de R3 + 800 de agua bidestilada dentro de la cubeta para el espectrofotómetro B (blanco). Se inserta 200 ul de R3 + 800 de agua bidestilada dentro de la cubeta para el espectrofotómetro S (estándar). Y se colocan 200 ul de R3 + 800 de agua bidestilada dentro de la cubeta para el espectrofotómetro M (muestra). Se lleva a incubar todas las cubetas durante 5 minutos a 37 °C a baño María.

Por último, se inserta el blanco dentro del espectrofotómetro y regula a 100 % transmitancia y 0 % absorbancia. Se inserta el estándar y la muestra y se observa el valor de absorbancia. Para obtener el valor cuantificable del analito se aplica la fórmula:

$$\text{urea} = \frac{\text{muestra}}{\text{standar}} \times \text{factor} = \text{mg/dl.}$$

2.4.4. Perfil Magnesio:

Se calibra el espectrofotómetro a una longitud de onda 520 nm y un factor 2.5. Luego se coloca 1000 ul de RGT + 10 ul de plasma dentro de la cubeta para el espectrofotómetro M (muestra). Posteriormente se coloca 1000 ul de RGT + 10 ul de agua bidestilada dentro de la cubeta para el espectrofotómetro S (estándar). Se inserta 1010 ul de agua bidestilada dentro de la cubeta para el espectrofotómetro B (blanco). Las cubetas se incuban durante 10 minutos a 20-25 °C a baño María.

Finalmente se inserta el blanco dentro del espectrofotómetro y se regula al 100 % de transmitancia y 0 % de absorbancia. Se inserta el estándar y la muestra, se observa el valor de absorbancia y se realiza la siguiente ecuación:

$$\text{magnesio} = \frac{\text{muestra}}{\text{standar}} \times \text{factor} = \text{mg/dl.}$$

2.5. Análisis estadístico

En el estudio se utilizó un solo tratamiento (concentrado) con tres dosis diferentes Grupo 1 (2 Kg/día); Grupo 2 (4 Kg/día); Grupo 3 (6 Kg/día); más un Grupo 4 (Control). Dentro de cada grupo existieron 5 animales, en total se utilizaron 20 vacas. Este control concurrente con comparación de dosis fue establecido mediante un Diseño

Completamente al Azar (DCA), la comparación de existencias diferenciales significativas entre las medias de los grupos y el error experimental se realizado mediante análisis (ANOVA), y la pruebas post-hoc Tukey $p < 0,05$ para identificar diferencias significativas. Los datos fueron tabulas en SPSS versión 25.

3. Resultados y discusión

La tabla 2 muestra los resultados obtenidos de los perfiles metabólicos de vacas lecheras suplementadas con alimento concentrado.

Tabla 2.

Resultados de los perfiles metabólicos analizados bajo la inclusión de una dieta de concentrado.

Metabolito	Rango de referencia	Unidad	Muestreo basal	Tratamientos				ANOVA/p
				Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo Control	
Glucosa	42-75	mg/dl	45.0	74.0±3.6 ^a	71.3±2.9 ^a	69.8±1.9 ^a	46.0±0.8 ^b	F=76.9/0.0001
Calcio	8.4-11.0	mg/dl	8.3	10.8±4.4 ^a	9.0±1.8 ^a	10.0±1.2 ^a	7.4±0.4 ^b	F=15.2/0.0001
Urea	7.8-25	mg/dl	8.3	10.6±0.7 ^a	12.0±0.6 ^a	11.3±0.8 ^a	8.1±0.2 ^b	F=6.7/0.0005
Magnesio	1.7-3.0	mg/dl	1.6	2.9±1.4 ^a	1.9±1.2 ^a	2.2±2.1 ^a	1.6±0.9 ^b	F=6.8/0.0004

La determinación de glucosa sanguínea a través de método enzimático glucosa oxidasa/peroxidasa (GOD/POD), por Kit comercial, la glucosa es fosforilada por hexoquinasas en presencia de adenosin trifosfato (ATP) e iones de magnesio para producir glucosa-6-fosfato (G-6-P) y adenosin difosfato (ADP). La glucosa-6-fosfato deshidrogenasa (G-6-PD) oxida específicamente G-6-P a 6-fosfogluconato con reducción de nicotin adenin dinucleotido fosfato (NADP) a nicotin adenin dinucleotido fosfato reducido (NADPH). Un micromol de NADPH es producido por cada micromol de glucosa consumido. El NADPH produce luz de absorción a 340 nm y puede ser detectado espectrofotométricamente como un incremento en la absorbancia. La suplementación con alimentos concentrados aumenta la producción de propionato en el rumen, que es el principal precursor gluconeogénico en rumiantes (Cardozo & Cucunubo, 2024). Este complemento permite regular las deficiencias de perfiles sanguíneos lo que estabilizas las funciones bioquímicas en las vacas en producción.

El calcio en un medio alcalino forma un complejo violeta junto con la ortocresoltaleina complexona. La presencia de hidroxiquinoleina en el reactivo evita la interferencia del magnesio. Sin embargo, el magnesio reacciona con la calmagita para formar un complejo rosa. Se utiliza el método Arsenazo para detectar concentraciones de magnesio. La absorbancia del complejo magnesio-arsenazo es cuantificado a 572 nm y es proporcional a la concentración de magnesio presente en la muestra. La suplementación mineral y energética en ganado bovino favorece la homeostasis, ciertos

elementos actúan en sinergia, por ejemplo, metabólicamente la deficiencia de magnesio puede interferir con la secreción de la hormona paratiroidea (PTH), agravando los cuadros de hipocalcemia (Bolívar et al., 2022).

Mientras que la determinación de urea sanguínea es a través del método enzimático de la ureasa que transforma la urea en compuestos cromóforos, presente en la muestra es hidrolizada por la enzima ureasa a amonio y dióxido de carbono. La segunda reacción, catalizada por el glutamato deshidrogenasa (GLD) convierte el amonio y el ketoglutarato a glutamato y agua con la oxidación subsiguiente de nicotinamida adenina dinucleósido reducida (NADH) a nicotinamida adenina dinucleósido (NAD). Dos moles de NADH son oxidados por cada mol de urea presente. El aumento de urea a nivel sanguíneo refleja un mayor aporte de nitrógeno en la dieta o un mejor equilibrio energía-proteína dentro del rumen (Pardo et al., 2008). Niveles excesivamente bajos pueden sugerir una deficiencia de proteína degradable en rumen o una ingesta limitada de materia seca (Correa & Moreno, 2019).

De manera general todos los grupos tratados con la suplementación de concentrado se mantuvieron dentro del rango normal sus perfiles metabólicos, mientras que el grupo control presentó niveles por debajo del rango de referencia que debe ser considerado dentro de la medicina veterinaria ya que podría generar problemas iniciales referente a hipoglucemia o hipocalcemia subclínica, común en el posparto temprano. La interpretación de los perfiles metabólicos son indicadores de riesgo de patologías asociadas al periparto (Gómez Oquendo et al., 2013).

En contraste estos resultados demuestran que la suplementación con concentrado tiene un efecto positivo y estadísticamente significativo en la estabilización de los perfiles metabólicos. El simple hecho de que el Grupo Control y el Muestreo Basal inicial refieran valores similares por tendientes hacia el inferior valor referencial de los metabolitos sugiere que la dieta solo a base de forraje es insuficiente para cubrir los requerimientos nutricionales de vacas en producción.

5. Conclusiones

La alimentación de vacas en producción de leche con forraje como único alimento es insuficiente para poder cubrir los requerimientos metabólicos diarios. Por tanto, la inclusión diaria de alimento concentrado en las dietas no solo equilibra los indicadores sanguíneos, sino que es una herramienta preventiva fundamental para asegurar la productividad en hatos ganaderos y reducir la incidencia de patologías asociadas al desbalance metabólico en el ganado lechero.

Contribución de los autores: Conceptualización, FLR-M.; metodología, JHV-R.; software, LRL-V.; validación, JHV-R.; análisis formal, RBR-L.; investigación, JHV-R., DJM-V; recursos, JHV-R.; redacción del borrador original, FLR-M.; revisión y edición,

RBR-L; visualización, DJM-V; supervisión, LRL-V. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento: Esta investigación no incurrió financiación externa.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias Bibliográficas

- Bolívar, V. C., Sevilla, J. E., Martín, A. G., & Torres, M. M. (2022). Enfermedades metabólicas óseas: osteomalacia. *Medicine-Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 13(60), 3527–3536.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.med.2022.06.010>
- Cardozo, J. A., & Cucunubo, L. G. (2024). Efecto del glicerol en la producción de leche, cuerpos cetónicos y actividad ovárica en vacas en pastoreo. *KAHUN*, 1(01), 38.
<https://doi.org/https://revista.sanmartin.edu.co/index.php/kahun/article/view/19>
- Castro, D. B., Bourrillón, A. R., & Granados, C. C. (2023). Suplementación con un núcleo nutricional y su efecto sobre variables productivas y metabólicas en vacas jersey. *Nutrición Animal Tropical*, 17(2), 24–62.
<https://doi.org/https://doi.org/10.15517/nat.v17i2.56511>
- Correa, C., & Moreno, L. (2019). Evaluación de la producción de leche, nitrógeno ureico en sangre y algunos componentes de la leche en vacas holstein suplementadas con glicerol y palmiste en la dieta. *Revista Colombiana de Zootecnia*, 5(10), 10.
<https://doi.org/https://www.anzoo.org/publicaciones/index.php/anzoo/article/view/95>
- Espiritu, H. M., Al Faruk, M. S., Lee, H.-W., Pioquinto, J. M., Lee, S.-S., & Cho, Y.-I. (2025). Subclinical hypocalcemia across lactation stages reflects potential metabolic vulnerability in Korean Holstein cows. *Veterinary Sciences*, 12(5), 495.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/vetsci12050495>
- Gómez Oquendo, J., Londoño, L. F., & Madrid Pérez, V. (2013). El perfil metabólico como herramienta de monitoreo de la salud, la producción y la fertilidad en el hato lechero del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. *Revista Lasallista de Investigación*, 10(1), 38–48.
- Hubner, A., Canisso, I. F., Peixoto, P. M., Coelho Jr, W. M., Ribeiro, L., Aldridge, B. M., Menta, P., Machado, V. S., & Lima, F. S. (2022). Characterization of metabolic profile, health, milk production, and reproductive outcomes of dairy cows diagnosed with concurrent hyperketonemia and hypoglycemia. *Journal of Dairy Science*, 105(11), 9054–9069. <https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2021-21327>
- Kabir, M., Hasan, M. M., Tanni, N. S., Parvin, M. S., Asaduzzaman, M., Ehsan, M. A., & Islam, M. T. (2022). Metabolic profiling in periparturient dairy cows and its relation with metabolic diseases. *BMC Research Notes*, 15(1), 231.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s13104-022-06130-z>
- Madreseh-Ghahfarokhi, S., & Dehghani-Samani, A. (2020). Blood metabolic profile tests at dairy cattle farms as useful tools for animal health management. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 23(1).
<https://doi.org/https://doi.org/10.46480/10.15547/bjvm.2161>
- Pardo, O., Carulla, J. E., & Hess, H. D. (2008). Efecto de la relación proteína y energía

- sobre los niveles de amonio ruminal y nitrógeno ureico en sangre y leche, de vacas doble propósito del piedemonte llanero, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 21(3), 11.
<https://doi.org/https://doi.org/10.17533/udea.rccp.324309>
- Prahl, M. C., Müller, C. B. M., Albrecht, D., Koch, F., Wimmers, K., & Kuhla, B. (2022). Hepatic urea, creatinine and uric acid metabolism in dairy cows with divergent milk urea concentrations. *Scientific Reports*, 12(1), 17593.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-022-22536-y>
- Prajapati, A. S., Suthar, A., Chauhan, P. M., & Panchasara, H. H. (2024). Metabolic Profile Tests. *Periparturient Diseases of Cattle*, 21–27.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781394204007.ch3>
- Puppel, K., & Kuczyńska, B. (2016). Metabolic profiles of cow's blood; a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(13), 4321–4328.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jsfa.7779>
- Rodríguez, J. H. V. (2020). Comparación leche de vaca y sustituto lácteo en la alimentación de terneros mestizos destetados precozmente. *Ciencia e Interculturalidad*, 27(2), 190–201.
<https://doi.org/https://doi.org/10.5377/rci.v27i02.10444>
- Vera, J., Lazo, R., Barzallo, D., & Gavin, C. (2021). Caracterización química y degradabilidad in situ de residuos orgánicos como alternativa alimenticia para bovinos. *Ecuadorian Science Journal*, 5(4), 1–14.
<https://doi.org/https://doi.org/10.46480/esj.5.4.166>
- Wang, Y., Zhao, Y., Nan, X., Wang, Y., Cai, M., Jiang, L., Luo, Q., & Xiong, B. (2022). Rumen-protected glucose supplementation alters fecal microbiota and its metabolic profiles in early lactation dairy cows. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1034675. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1034675>
- Zhang, F., Zhao, Y., Wang, H., Nan, X., Wang, Y., Guo, Y., & Xiong, B. (2022). Alterations in the milk metabolome of dairy cows supplemented with different levels of calcium propionate in early lactation. *Metabolites*, 12(8), 699.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/metabo12080699>
- Zhang, F., Zhao, Y., Wang, Y., Wang, H., Guo, Y., & Xiong, B. (2022). Effects of calcium propionate on milk performance and serum metabolome of dairy cows in early lactation. *Animal Feed Science and Technology*, 283, 115185.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115185>