



JOURNAL OF THE
Selva Andina
Animal Science
Official Journal of the Selva Andina Research Society

ISSN 2311-3766 (print edition)
JSAAS
ISSN 2311-2581 (online edition)

Journal of the Selva Andina Animal Science

ISSN: 2311-3766

ISSN: 2311-2581

editor.animalscience@sars.org.bo

Selva Andina Research Society

Bolivia

Cayo-Rojas, Faustina; Mamani-Linares, Lindón Willy
Indicadores del metabolismo energético en llamas (*Lama
glama*) en el período de transición preparto, posparto y lactancia
Journal of the Selva Andina Animal Science, vol. 11, núm. 2, 2024, pp. 65-79
Selva Andina Research Society
Bolivia

DOI: <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2024.110200065>

- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org





Indicadores del metabolismo energético en llamas (*Lama glama*) en el período de transición preparto, posparto y lactancia

Indicators of energy metabolism in llamas (*Lama glama*) in the prepartum, postpartum and lactation transition period

Cayo-Rojas Faustina^{1*} , Mamani-Linares Lindón Willy² 

Datos del Artículo

¹ Universidad Pública de El Alto.
Medicina Veterinaria y Zootecnia.
Entre Av. Sucre A y Av. Juan Pablo II s/n Zona
Villa Esperanza.
El Alto, La Paz.
Tel: +591-2844177 - 2845787
Estado Plurinacional de Bolivia.

² Universidad Pública de El Alto.
Unidad de Postgrado.
Área Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Recursos Naturales.
Entre Av. Sucre A y Av. Juan Pablo II s/n Zona
Villa Esperanza.
El Alto, La Paz.
Tel: +591-2844177 - 2845787
Estado Plurinacional de Bolivia.

*Dirección de contacto:

Universidad Pública de El Alto.
Medicina Veterinaria y Zootecnia.
Entre Av. Sucre A y Av. Juan Pablo II s/n Zona
Villa Esperanza.
El Alto, La Paz.
Tel: +591-2844177-2845787-73095766
Estado Plurinacional de Bolivia.

Faustina Cayo-Rojas
E-mail address: cayorf31076@gmail.com

Palabras clave:

Balance energético negativo,
ácidos grasos no esterificados,
beta-hidroxibutirato,
preparto,
posparto,
Lama glama.

J. Selva Andina Anim. Sci.
2024; 11(2):65-79.

ID del artículo: [139/JSAAS/2024](https://doi.org/10.15388/JSAAS/2024).

Historial del artículo

Recibido mayo, 2024.
Devuelto agosto 2024
Aceptado septiembre, 2024.
Disponible en línea, octubre, 2024.

Editado por:
**Selva Andina
Research Society**

Resumen

Los indicadores del metabolismo energético permiten determinar la condición nutricional, metabólica y el desequilibrio energético que puede ser la causa de las bajas tasas de fertilidad en llamas pastoreadas sobre pasturas nativas. En llamas, la gestación es larga, sólo nace una cría por año y la tasa de fertilidad es baja. Por lo tanto, se deben tomar medidas para prevenir abortos espontáneos y ofrecer a las crías el mejor comienzo de vida posible. Durante el período de transición preparto, posparto y lactancia la disminución de la ingesta de materia seca coincide con el aumento de la demanda de nutrientes debido a la llegada de la lactancia, que puede conducir a un balance energético negativo, los enormes desafíos metabólicos durante el periodo de transición están relacionados con el balance energético negativo como resultado de la movilización de las reservas energéticas del cuerpo, al aumentar la concentración de ácidos grasos no esterificados y beta-hidroxibutirato en el plasma sanguíneo. Los camélidos tienen mayores concentraciones de glucosa en sangre, concentraciones más bajas de cuerpos cetónicos plasmáticos que rumiantes domésticos, una débil respuesta a la insulina y reducción de la absorción celular de glucosa. El desequilibrio en los mecanismos de adaptación metabólica durante el período de transición y lactancia interfieren en la homeostasis corporal, también predisponen a la presentación de cetosis. Además, el posparto temprano está relacionado con un período prolongado de anestro posparto, retraso de la ovulación y malos resultados reproductivos.

2024. *Journal of the Selva Andina Animal Science*®. Bolivia. Todos los derechos reservados.

Abstract

Energy metabolism indicators allow determining the nutritional and metabolic condition and the energy imbalance that may be the cause of low fertility rates in llamas grazing on native pastures. In llamas, gestation is long, only one calf is born per year and the fertility rate is low. Therefore, measures must be taken to prevent miscarriages and give the offspring the best possible start in life. During the prepartum, postpartum and lactation transition period the decrease in dry matter intake coincides with the increase in nutrient demand due to the onset of lactation, which can lead to a negative energy balance, the enormous metabolic challenges during the transition period are related to the negative energy balance as a result of the mobilization of the body's energy reserves by increasing the concentration of non-esterified fatty acids and beta-hydroxybutyrate in the blood plasma. Camelids have higher blood glucose concentrations, lower plasma ketone body concentrations than domestic ruminants, a weak response to insulin and reduced cellular glucose uptake. The imbalance in metabolic adaptation mechanisms during the transition and lactation period interferes with body homeostasis, also predisposing to the development of ketosis. In addition, early postpartum is associated with a prolonged period of postpartum anestrous, delayed ovulation and poor reproductive outcomes.



Keywords:

Negative energy balance,
non-esterified fatty acids,
beta-hydroxybutyrate,
prepartum,
postpartum,
Lama glama.

2024. Journal of the Selva Andina Animal Science®. Bolivia. All rights reserved.

Introducción

Los camélidos sudamericanos (CSA), han desempeñado un papel clave en la cultura, economía y seguridad alimentaria en los países andinos, su contribución a la subsistencia de los agricultores de escasos recursos es de suma importancia¹. Así, como el mejoramiento de los sistemas de cría representan la mejor estrategia para evitar la pobreza². Esto se debe, especialmente a la capacidad de alpacas y llamas para producir fibra, carne, en condiciones geográficas y climáticas extremas³.

En la producción de camélidos, el déficit de nutrientes, y el desequilibrio en los mecanismos de adaptación metabólica pueden causar un síndrome de subfertilidad (menos del 50 %). Diversos autores coinciden que uno de los principales obstáculos de esta especie radica en los bajos índices de fertilidad, tanto en alpacas como en llamas que habitualmente no superan el 60 %⁴, y se ha determinado una tasa de mortalidad embrionaria de 45-56 % en rebaños del Perú⁵⁻⁷. Se estima que la muerte embrionaria temprana es la forma más común de pérdida reproductiva en CSA, afecta entre el 10-15 % en los primeros 60 días de preñez. En estas condiciones, puede ocurrir hasta un 60-80 % en los primeros 90 días de gestación⁸.

Las vacas lecheras al final de la gestación, e inicio de la lactancia, cursan con un balance energético negativo (BEN), asociado a la disminución de la ingesta de materia seca (MS), e incremento de la demanda energética^{9,10}. En el período periparto, se produce un marcado cambio metabólico, de un estado gestacional (baja demanda), a un estado de lactancia (alta de-

manda), asociado a un incremento de la tasa de lipólisis y alteraciones en acción de la insulina en tejidos periféricos¹¹. La insuficiencia dietética provoca movilización de las reservas adiposas, caracterizadas por un aumento ácidos grasos no esterificados (AGNE) en sangre (más de 0.6 mmol L⁻¹) y un ligero aumento de beta-hidroxibutirato (BHB) en sangre, hasta aproximadamente (más de 0.09 a 0.18 mmol L⁻¹) en camélidos^{12,13}.

El BEN está fuertemente asociado con la duración del período anovulatorio posparto, a través de la atenuación de la hormona luteinizante (LH) y los niveles bajos de glucosa en sangre, insulina y factor de crecimiento similar a la insulina 1 (IGF-1), que en conjunto limitan la producción de estrógenos por folículos dominantes¹⁴. Vacas con altas concentraciones plasmáticas de AGNE en el periodo de transición posparto, presentan mayor riesgo de hiperglucemia y resistencia a la insulina (RI) durante el periodo de transición preparto y posparto¹⁵.

Hay muchos reportes en la literatura sobre las relaciones del BEN, y la fertilidad, casi todos, relacionados con sistemas de producción bovinos de carne, lecheros a pastoreo, pastoreo más suplementación y confinados, con alimentación en raciones mezcladas totalmente, no encontramos en la literatura informes que vinculen el BEN, con indicadores del metabolismo energético en llamas (proteína total, urea o NUS, creatinina, glucosa, RI, triacilgliceroles (TG), colesterol, AGNE y BHB), bajo un sistema de producción, basado en pastos nativos o pastoreo más suplementación en el altiplano.

El estado nutricional de la hembra durante el período de transición preparto, posparto y lactancia, es de gran importancia, los balances o desbalances nutricionales durante estos períodos pueden conducir a cambios fenotípicos y metabólicos en el desarrollo del individuo^{15,16}. Por tanto, el objetivo de esta revisión literaria, fue recopilar literatura científica nacional e internacional de los avances en conocimientos adquiridos sobre los indicadores del metabolismo energético en llamas, en el periodo de transición preparto, posparto y lactancia.

Desarrollo

Los sistemas de producción en llamas son tradicionales, absolutamente no especializados y se basan en pastoreo extensivo en praderas nativas, compuestas principalmente por gramíneas de baja calidad nutricional², que incide en el desempeño productivo de los camélidos, otro factor que afecta la productividad es la reproducción. En el preparto, parto y lactogénesis los animales cursan un BEN que, ocurre cuando la energía necesaria para el metabolismo-homeostasis es mayor que la energía suministrada a través de ingesta de nutrientes¹⁷. La insuficiencia dietética provoca movilización de reservas adiposas, caracterizada por un aumento de AGNE y BHB en sangre de camélidos¹³. El desequilibrio energético en rumiantes puede ocasionar un síndrome de sub-fertilidad, baja tasa de concepción, aumento de mortalidad embrionaria y retraso en la involución del útero^{17,18}. Todos estos antecedentes nos indican que el estado nutricional de la hembra, durante el período de transición preparto, posparto y lactancia son de gran importancia¹⁶.

Período de transición preparto. El desarrollo fetal de los camélidos domésticos, muestran un crecimiento exponencial alrededor del séptimo mes de gestación¹⁹. Por tanto, la alta demanda nutricional para el

crecimiento fetal coincide con el período crítico del altiplano (agosto a octubre), con deficiencia de nutrientes²⁰, provocando un desequilibrio energético en rumiantes^{17,18}.

La vaca lechera sufre tremendos desafíos fisiológicos, durante el período de transición, es el período más crítico²¹, que conduce al BEN asociado a la disminución en la ingesta de MS, y al incremento en la demanda energética^{9,10}, inmunidad deteriorada, alteraciones en la actividad hormonal, distribución de nutrientes, para ayudar a nutrir al feto en crecimiento, y apoyar el inicio de una nueva lactancia²¹.

La suplementación energética administrada (con granos de maíz partido), 3 semanas antes del parto, en vacas en condiciones de pastoreo, aumentaron la producción de leche, y redujo el reinicio de la actividad ovárica, consistente, con un mejor balance energético, puntuación de condición corporal (CC) y niveles más altos de insulina, durante el posparto temprano. Aunque el suplemento alimentario puede no mejorar las tasas de preñez, un aumento en el porcentaje de terneros vivos al destete y peso al destete, mejoraría los rendimientos netos durante la fase vacacría²².

Período de transición posparto. Aparentemente, en CSA la restricción dietética podría estar asociada al estado fisiológico y productivo del animal²³. Se ha descrito en llamas sometidas a restricción nutricional crónica, que tenían pequeños folículos dominantes, cuerpo lúteo, y así como menor secreción de progesterona²⁴. Además, los cambios dietéticos en vacas provocan un estímulo inmediato y rápido en el metabolismo²⁵. La ingesta de MS es el componente principal del balance energético, que afecta la fertilidad en vacas¹⁸.

Durante la época de parto, y sin presencia de machos, las hembras pueden permanecer sexualmente receptivas durante períodos de hasta 36 días, con un breve anestro de no más de 48 h²⁶. Cuando los machos y-

hembras se mantienen separados, y se juntan en cualquier momento (una vez al mes), ambos son sexualmente activos durante todo el año, y las hembras pueden parir en diferentes meses^{5,26,27}. Así, para lograr altos niveles de producción de leche, en el período posparto temprano, se deben movilizar sus reservas corporales que, a su vez, están relacionadas con la ingesta energética en el período seco (2 meses antes del parto). Las reservas de grasa se utilizan principalmente para la lactancia y el mantenimiento, y los procesos reproductivos reciben una prioridad menor¹⁴, en comparación con otros estados fisiológicos de mantenimiento, lactancia y crecimiento cuando los recursos nutricionales disponibles son limitados²⁸. Por lo tanto, asegurar un buen estado nutricional en este periodo es un objetivo importante para optimizar el posparto en hembras²⁹.

Período de lactancia. La disponibilidad de alimentos afecta a la madre y la cría. El año de nacimiento (años secos vs años lluviosos) de las crías afectó significativamente el peso vivo (PV) al nacimiento, al destete, lo que implica que el medio ambiente tiene una influencia marcada sobre el desarrollo de la biomasa corporal de la cría y la CC preparto y posparto de las llamas a través del tiempo³⁰. En vacas primíparas que tienen una CC más baja durante el período posparto temprano, producen menos leche que las múltiparas³¹, la producción de leche incide en el peso al destete de las crías.

Un elemento importante que aumenta la tasa de supervivencia de la cría en alpacas, es el peso al nacer (mayor peso al nacer, menor riesgo de complicaciones perinatales y menor necesidad de alimentación con biberón). Las crías de madres que recibieron suplementos minerales tienen mayor peso al nacer³². Asimismo, el peso al destete es mayor para crías nacidos de vacas que pastaron pradera con riego en comparación con las vacas alimentadas con heno

después del parto²². Por otro lado, la deficiencia nutricional asociada con lactancia se considera el factor principal que afecta la duración del anestro posparto en bovinos^{33,34}.

Indicadores sanguíneos del balance energético. Durante el período de transición (preparto y posparto) la disminución de la ingesta, o consumo de MS coincide con el aumento de la demanda de nutrientes, debido al inicio de la lactancia, esto puede conducir a un BEN y enormes desafíos metabólicos, lo que lleva a la movilización de grasa, tales incidencias aumentarían los niveles de AGNE y BHB en el plasma³⁵, así como alterar los niveles sanguíneos de otros indicadores: glucosa, colesterol, urea, albúmina, aspartato-aminotransferasa y glutamato-deshidrogenasa¹⁵.

Metabolitos en sangre.

Proteína total o proteinemia. Wittwer³⁶, señala que la proteína total corresponde a la totalidad de las proteínas presentes en una muestra de suero (albuminas + globulinas). En llamas se evidencio la influencia de la estación (seca o lluviosa) en la bioquímica sérica: alanina-transaminasa, proteína total, albúmina, aumentaron en verano, mientras que, urea, bilirrubina aumentaron en invierno³⁷.

Las llamas desarrollan hipoproteinemia³⁸, (proteínas totales: 55.9 g L⁻¹, límites de referencia: 58-69.3 g L⁻¹) e hipoalbuminemia³⁹ (albúmina: 28.1 g L⁻¹, límites de referencia: 33.9-40.5 g L⁻¹). Tallacagua-Terrazas & Mamani-Tola⁴⁰ en la determinación de proteína total se detectó que los valores son bajos (43.2 g L⁻¹), en comparación a los datos obtenidos por Copa & Condori⁴¹, en llamas de dientes de leche y 2 dientes, esto probablemente se deba por el estado fisiológico, porque utilizan más proteínas para el crecimiento tisular y corporal.

Metabolitos nitrogenados no proteicos. Entre los compuestos nitrogenados no proteicos del organismo se mencionan por su interés clínico la urea, creati-

nina, ácido úrico y amoníaco, siendo de mayor interés los 2 primeros³⁶. Así mismo, Norambuena et al.^{20,24} señalaron el BEN aumentó y las concentraciones plasmáticas de urea en estudios previos realizados en llamas, alpacas y vicuñas. Aparentemente los camélidos utilizan, en mayor medida, proteínas como sustrato para la producción de energía y la gluconeogénesis, siendo más eficiente el reciclaje de urea¹⁹.

Urea o N-ureico sanguíneo (NUS). La urea es producto terminal del metabolismo de las proteínas, sintetizadas en el hígado a partir de amoníaco y la transaminación de aminoácidos de transporte y de los absorbidos en el intestino. En rumiantes tiene mayor trascendencia la formación y uso del amoníaco en el rumen, es dependiente de la relación proteína/energía de la dieta. En rumiantes es indicador de la sincronía ruminal de proteínas degradables con la energía³⁶.

La concentración plasmática de urea en los camélidos es de 3.2-12.8 mmol L⁻¹ en llamas, 3.9-10.2 mmol L⁻¹ en alpacas. Los descensos en los niveles de urea son raros, aunque pueden presentarse en asociación con graves enfermedades hepáticas o malnutrición de proteínas⁴².

En llamas se observó concentraciones elevadas de urea plasmática cuando consumían alimentos bajos en contenido de proteína bruta (6.2 %), esto refleja distintas adaptaciones metabólicas de proteínas y/o nitrógeno, algo no observadas en los verdaderos rumiantes como ovejas y cabras. Estas características pueden contribuir a explicar las tasas metabólicas más bajas en llamas en comparación con los verdaderos rumiantes⁴³. Tallacagua-Terrazas & Mamani-Tola⁴⁰ reportaron valores de urea de 90 mg dL⁻¹ en llamas, estos parámetros son elevados para la especie⁴⁴.

El NUS está directamente influenciado por la cantidad de proteína cruda (PC) de la dieta^{45,46}, otro aspecto de importancia es también el contenido energético del alimento⁴⁷. En alpacas se reportaron rangos

de 13.53-20.54 mg dL⁻¹ y en ovinos de 11.61-20.18 mg dL⁻¹, se concluyó que, si bien existe una relación directa entre NUS y los niveles de PC de la dieta en ambas especies (alpacas y ovejas), las tasas de incremento son diferentes entre ellas⁴⁵.

Tallacagua-Terrazas & Mamani-Tola⁴⁰ reportaron en llamas los niveles de NUS 42.03 mg dL⁻¹ similar a los de alpacas, Dixon et al.⁴⁸ reportaron en alpacas valores de 44 mg dL⁻¹ (intervalo de referencia 13 a 28 mg dL⁻¹), los valores son elevados en llamas y alpacas en comparación con los ovinos y bovinos. Se debe considerar que las necesidades nutritivas para mantenimiento de los animales adultos son menores que en animales en etapa de crecimiento⁴⁹ y, por lo tanto, el reciclaje de urea de un animal adulto será menor que en animales de crecimiento, aumentando así los niveles de NUS. En este caso, la urea reciclada puede ser una importante fuente de nitrógeno para sostener la fermentación microbiana y, por lo tanto, garantizar una digestión eficiente y la utilización de piensos con bajo contenido proteico⁵⁰.

La concentración media de nitrógeno ureico plasmático (BUN) para todos los animales en la primera semana posparto fue significativamente mayor que la media de las otras 3 semanas. Además, el descenso de la temperatura, que se produjo con un cambio de verano a otoño, pareció coincidir un aumento en los niveles de BUN⁵¹.

Creatinina. Metabolito generado en los músculos a partir de la fosfocreatina como fuente de energía. Su producción en cada individuo es constante y eliminada por el riñón mediante filtración glomerular sin reabsorción tubular por lo que resulta ser una medida del grado de filtración glomerular. Indicador de la funcionalidad renal³⁶.

La concentración plasmática de creatinina en los mamíferos es de 15 a 150 μmol L⁻¹, en los camélidos es de 79.5-247.5 μmol L⁻¹ en llamas y 54-177 μmol L⁻¹ en alpacas⁴². En los animales jóvenes en crecimiento

se encuentra mayores valores⁴⁰.

Otros casos de azotemia en CSA se informaron después insuficiencia renal aguda debido a intoxicaciones por Chamorro et al.⁵², Dixon et al.⁴⁸ reportaron en cría de alpaca un aumento de creatinina de 176.8 $\mu\text{mol L}^{-1}$ (intervalo de referencia, 80-150 $\mu\text{mol L}^{-1}$). La química clínica en alpacas reveló aumento de creatinina, urea, calcio y potasio. Estos resultados son similares a los descritos por Jankovsky et al.⁵³. Además, los cambios en los riñones fueron acompañados de azotemia, hiperfosfatemia y también hipocalcemia⁵⁴. Los parámetros bioquímicos no refieren cambios en la creatinina sérica⁴⁴ con media general de los niveles séricos de creatinina de 92 $\mu\text{mol L}^{-1}$ en llamas pastoreadas en praderas nativas²⁴. Mientras que la concentración de creatinina en todas las categorías de llamas era más alta que en alpacas³⁹.

Glúcidos. Wittwer³⁶ señala que los carbohidratos o glúcidos son la principal fuente de energía celular de los animales. Las alteraciones más frecuentes del metabolismo de los carbohidratos en bovinos es la cetosis tipo I (hipoglucemia o hiperketonemia), II (diabética o hiperinsulinica) y alimentaria (butírica o dietética).

Glucosa o glucemia. Los camélidos se tienen concentraciones de glucosa en sangre más altas que los rumiantes domésticos, y tienen una respuesta de insulina débil y una absorción celular lenta de glucosa. Los camélidos con restricción alimentaria tienen un aclaramiento de glucosa reducido y los camélidos enfermos pueden ser aún más intolerantes a la glucosa. Mientras que los rumiantes con hígado graso y cetosis presentan hipoglucemia concurrente, los camélidos suelen presentar hiperglucemia⁵⁵. Por tanto, la administración de glucosa debe controlarse cuidadosamente en camélidos anoréxicos.

La glucemia en los mamíferos fluctúa entre 2.14 a 7 mmol L^{-1} , siendo menor en los rumiantes, (2.5-4.1 mmol L^{-1})³⁶. La concentración plasmática de glucosa

es de 4.3 a 9.9 mmol L^{-1} en llamas y 5.1 a 9.1 mmol L^{-1} en alpacas⁴².

Fowler & Bravo⁵⁶ reportaron que las concentraciones normales oscilan entre 4.3 a 9.9 mmol L^{-1} . Este rango es el doble que el del ganado bovino y ovejas (2.5 y 3.9 mmol L^{-1}) en diversas etapas de gestación. Las concentraciones más altas de glucosa en sangre en comparación con otros rumiantes pueden deberse a la RI o a la incapacidad de los camélidos para cambiar su metabolismo de grasas a carbohidratos⁵⁷. De acuerdo a Burton et al.⁵⁸ las concentraciones de glucosa oscilaron entre 6.6 y 12.7 mmol L^{-1} para las madres, y la concentración más alta se produjo en el momento del parto. Sin embargo, no es posible determinar si el pico de glucosa se produjo antes del parto o alcanzó su punto máximo el día del parto.

Resistencia a la insulina (RI). Es definida por un estado de reducida sensibilidad de las células blanco de responder a las concentraciones fisiológicas de insulina⁵⁹. En vacas lecheras la cetosis periparturienta puede caracterizarse por hiperglucemia e hiperinsulinemia, probablemente debido a la RI⁶⁰, y se clasifica como cetosis tipo II debido a sus similitudes con la diabetes mellitus tipo I⁶¹. Barboza et al.¹⁵ reportaron en bovinos hiperglucemia preparto ($>4.1 \text{ mmol L}^{-1}$) que fueron los principales factores de riesgo para la RI en el período de transición. Estudios han sugerido que la RI es una adaptación homeostática de la vaca lechera para priorizar la glándula mamaria y promover la gluconeogénesis y lipólisis¹¹.

El desequilibrio en los mecanismos de adaptación metabólica durante el período de transición y lactancia temprana interfiere en la homeostasis corporal, y también predispone a la presentación de cetosis. La cetosis se clasifica en tipo I y II, debido a una escasez de precursores o a un bloqueo en la capacidad gluconeogénica frente a la demanda energética, respectivamente⁶¹. La cetosis tipo I se presenta entre la tercera y sexta semana de lactancia, debido a la gran de-

manda energética cursando con hipoglucemia, hipoinulinemia y altas concentraciones circulantes de cuerpos cetónicos. Por otro lado, la cetosis tipo II se presenta alrededor del parto debido al BEN y a la movilización del tejido adiposo, vacas obesas son las más susceptibles debido a la mayor depresión en el consumo de MS en el periparto. La acetonemia o cetosis subclínica se presenta en vacas con valores de BHB $> 1.2 \text{ mmol L}^{-1}$, vacas con cetosis clínica presentan valores de BHB $> 3.0 \text{ mmol L}^{-1}$ en todos los animales con cetosis de tipo II³⁶.

Lípidos y cuerpos cetónicos. Wittwer³⁶ los lípidos que se encuentran en el plasma son el colesterol y los triacilgliceroles (triglicéridos), formando parte de las lipoproteínas, además de los AGNE y los cuerpos cetónicos (acetona, acetoacetato y BHB).

Triacilglicerol o triacilglicerolemia. Constituyente del tejido adiposo formado por glicerol unido a 3 ácidos grasos y como tal es la principal fuente de energía para el organismo. Es indicador de sospecha de alteraciones primarias y secundarias del metabolismo de lípidos³⁶.

La concentración plasmática de TG en los camélidos es de $0-0.27 \text{ mmol L}^{-1}$ en llamas y $0.12-0.51 \text{ mmol L}^{-1}$ en alpacas⁴². Por otro lado, McKenzie et al.³⁸ reportaron en llamas y alpacas una concentración plasmática de TG de 0.53 mmol L^{-1} , con un rango referencial de 0.09 a 0.63 mmol L^{-1} .

Las concentraciones de TG en plasma (mmol L^{-1}) generalmente son de magnitud similar en llamas, ovejas y cabras, no son afectados por la dieta suministrada⁴³. Husakova et al.⁶² refirió en alpacas concentraciones más altas de TG, colesterol, vitaminas y algunos minerales en el grupo de animales que recibieron suplementación en la alimentación invernal.

Las alpacas preñadas y no preñadas presentan similar concentración plasmática de TG (0.3 vs. 0.4 mmol L^{-1}) con un rango general de $0.1-0.5 \text{ mmol L}^{-1}$ ²³. Los TG hepáticos elevados, a su vez, están asociados con

un incremento del intervalo - primera ovulación (días abiertos) y reducida fertilidad⁶³.

Colesterol o colesterolemia. Puede ser de origen exógeno o endógeno, predominando este último en los herbívoros, mayormente sintetizado por el hígado, y en el tejido adiposo en los rumiantes, a partir de acetil-CoA, siendo luego esterificado. Se encuentra en el animal como componente de la membrana celular y precursor de hormonas esteroidales. El colesterol es indicador en sospecha de alteraciones primarias o secundarias del metabolismo de lípidos. La colesterolemia en los mamíferos fluctúa entre 1.5 a 6.5 mmol L^{-1} , siendo mayor posterior a la ingesta de alimentos y en animales de edad más avanzada. Hipocolesterolemia y hipoadrenocortisismo se aprecian en dietas con escaso aporte de energía o de fibra en rumiantes³⁶.

Las vacas parto presentan concentraciones inferiores de colesterol ($\pm 27\%$) a vacas en lactancia, asociado a la baja ingesta de MS en las vacas primíparas³⁶. Por el contrario³¹, la concentración de colesterol aumentó durante el período posparto temprano en ambas categorías primíparas y múltiparas, aunque las vacas múltiparas tenían colesterol más alto alrededor del día 60 posparto temprano que las primíparas, las crías tenían colesterol significativamente más alto que el grupo de mayor edad, podemos explicarlo por el hecho de que la mayoría de las crías muestreadas tuvieron la leche materna como principal parte de la nutrición⁶².

La concentración plasmática de colesterol en los camélidos es de $0.34-2.3 \text{ mmol L}^{-1}$ en llamas y $0.24-2.15 \text{ mmol L}^{-1}$ en alpacas³⁹. Las alpacas preñadas y no preñadas presentan similar concentración plasmática de colesterol (1 vs. 0.9 mmol L^{-1})²³.

Ácidos grasos no esterificados (AGNE). Son ácidos grasos libres de cadena larga ($>12 \text{ C}$), que proceden habitualmente de la degradación de los TG en el tejido adiposo, hígado y glándula mamaria. Son trans-

portadas en el plasma, teniendo como destino final su β -oxidación, o bien la neosíntesis de TG. El grado de movilización grasa, fundamentalmente en rumiantes, como indicador de una deficiencia de energía. La condición más frecuente descrita que cursa con incremento de AGNE en el plasma es el aumento de su movilización en respuesta a un balance negativo de energía. Su mayor utilidad clínica es en rumiantes para evaluar el balance nutricional de vacas en periodo de transición³⁶.

La concentración plasmática de AGNE en los mamíferos fluctúa entre 0.1 a 0.5 mmol L⁻¹, siendo mayor posterior a un ayuno prolongado³⁶. Están elevados en los casos de lipólisis hepática⁴². Strieder Barboza et al.¹⁵ reportan los valores de AGNE >0.40 mmol L⁻¹ en vacas lecheras, debido a una excesiva lipomovilización.

La concentración plasmática de AGNE en los camélidos es de (<0.6 mmol L⁻¹)⁴² con rango de (0.1-0.7 mmol L⁻¹)⁶². Así mismo, Norambuena et al.^{20,24} señalaron el BEN aumentó las concentraciones plasmáticas de AGNE, en estudios previos realizados en llamas, alpacas y vicuñas. El análisis bioquímico del plasma de llamas y alpacas reveló elevaciones de las concentraciones de AGNE (0.30 mEq L⁻¹)³⁴. También reportaron Norambuena et al.²⁰ un aumento en sangre de AGNE (más de 0.6 mmol L⁻¹) en camélidos, los valores informados en este estudio fueron más bajos que los citados anteriormente, de igual manera Putman et al.⁶⁴ mencionaron que los niveles de AGNE parecen ser altos después de 2 días de secado o terminado la lactancia. Las alpacas preñadas y no preñadas presentan similares concentraciones de AGNE (0.6 vs. 0.8 mmol L⁻¹), lo que indica que el estado metabólico energético no explica las diferencias obtenidas en su éxito reproductivo³¹.

Los niveles de AGNE disminuyen gradualmente con el tiempo (días posparto)⁶⁵, esto acompañado de la reducción de movilización de los tejidos de reserva.

Igualmente, Alforma et al.⁶⁶ indicaron que los niveles de AGNE disminuyeron a medida que avanzaba el período posparto en vacas. No se observó aumento de AGNE posparto en llamas⁴³.

Cuerpos cetónicos o cetonemia. Corresponden a 3 productos intermediarios del metabolismo energético producidos por β -oxidación de ácidos grasos en los hepatocitos al transformar acetil-CoA en BHB, acetoacetato y acetona. La cantidad de BHB y el acetoacetato en el hepatocito es similar. Fundamentalmente en rumiantes es usado como indicador de una deficiencia de energía. La unidad para el BHB 1 mg dL⁻¹ x 0.096 = 1 mmol L⁻¹, se presentan en casos de movilización de reservas de grasa frente a un BEN⁴⁰. Los camélidos tienen concentraciones más bajas de cuerpos cetónicos plasmáticos que rumiantes domésticos³⁹. Las concentraciones de BHB en llamas parecen reflejar la cetogénesis hepática y, por tanto, la alteración metabólica, estado del animal, a diferencia de los verdaderos rumiantes, donde BHB está muy influenciado por la fermentación del intestino anterior⁴³.

En alpacas se reportan valores de AGNE de (0.24 mmol L⁻¹)⁴². Norambuena et al.^{20,24} señalan el BEN aumentó las concentraciones plasmáticas BHB en llamas, alpacas y vicuñas. También reportaron Norambuena et al.²³ un ligero aumento de BHB (más de 0.1 a 0.19 mmol L⁻¹) en camélidos, los valores informados en este estudio fueron más bajos que los citados anteriormente. El análisis bioquímico del plasma de llamas y alpacas reveló elevaciones de los niveles de BHB plasmático (1.17 mg dL⁻¹)³⁸. El aumento de BHB, aunque no tan estrechamente correlacionado con la CC como lo informado Reist et al.⁶⁷, también podría ser un reflejo de una baja energía en la dieta posparto⁶⁸, los niveles de BHB se mantuvieron más altos durante más tiempo después del parto, probablemente debido a una composición diferente de la dieta o a una menor cantidad de ingesta de MS. No-

rambuena et al.²⁰ Los valores BHB fueron más altos que los esperados bajo el equilibrio energético nutricional, lo que indica una respuesta metabólica lipolítica y cetogénica, respectivamente, en camélidos domésticos.

Balance energético negativo, cetosis y sus factores de riesgo. El consumo de alimentos proporciona la energía esencial para la reproducción en camélidos⁶⁹. De acuerdo a Norambuena et al.²³ los niveles de restricción energética en el alimento tienen diferentes efectos: la baja restricción de energía (30 %) de sus requerimientos energéticos de mantenimiento durante 28 días en llamas, no fueron afectados el PV, la CC y los parámetros metabólicos que pueden indicar un BEN. Sin embargo, una restricción moderada de energía al 40 % durante 21 días en alpacas, fueron afectadas la CC, el PV y el diámetro de cuerpo lúteo. La cetosis primaria o toxemia de la preñez surge en rumiantes por BEN, provocando así movilización de lípidos, hígado graso y cetosis. Sin embargo, los camélidos son ligeramente diferentes por el sistema digestivo y metabólico: la glucemia es mayor y las cetonas son menores en comparación con los verdaderos rumiantes. Es una característica poco común en camélidos en comparación con los pequeños rumiantes. Por el contrario, hembras gravemente debilitadas, se debe considerar la inducción del aborto o del parto para aliviar el síndrome. La ingesta insuficiente de energía durante o al final de la preñez suele ser responsable del aumento de la movilización de grasa corporal, hígado graso y cetonemia. Siendo una evidencia indirecta de un trastorno lipídico, por lo cual los camélidos afectados ocasionalmente mueren⁷⁰.

Conclusión

De acuerdo a la información técnico-científica disponible se puede concluir que: Durante el período de transición parto, posparto y lactancia no se cubre

los requerimientos de mantenimiento, esto puede conducir a un BEN y enormes desafíos metabólicos, lo que lleva a la movilización de grasa, tales incidencias hacen variar los niveles de indicadores del metabolismo energético en llamas: Proteína total, urea o NUS, glucosa, TG, colesterol, AGNE y BHB.

Los CSA sufren BEN durante la época seca, se han reportado aumentó de las concentraciones plasmáticas de AGNE, BHB y NUS en estudios previos realizados en llamas, alpacas y vicuñas. Se reportaron los valores de NUS elevados en llamas y alpacas. Esto puede provocar abortos y contribuir a las bajas tasas de fertilidad de los rebaños. Además, las concentraciones de BHB en llamas parecen reflejar la cetogénesis hepática y, por tanto, la alteración metabólica del animal.

Los niveles plasmáticos de glucosa fueron similares entre especies llama y alpaca. Estudios han sugerido que la RI es una adaptación homeostática para priorizar la glándula mamaria y promover la gluconeogénesis y lipólisis.

Las concentraciones de TG en plasma generalmente son de magnitud similar en llamas, ovejas y cabras y no son afectados por la dieta suministrada. Hipocolesterolemia se aprecia en dietas con escaso aporte de energía o de fibra en rumiantes.

La presente revisión permite señalar que es necesario realizar investigaciones para profundizar en la evaluación del BEN (AGNE, BHB) en llamas preñadas en diferentes estaciones del año y periodos de transición (parto y posparto) para optimizar el desempeño reproductivo y maximizar la productividad en los sistemas de producción de camélidos sudamericanos.

Fuente de financiamiento

El estudio fue financiado con recursos propios de los autores.

Conflictos de intereses

El manuscrito fue elaborado y revisado por los autores, quienes declaran que no existe ningún conflicto de intereses que pueda poner en riesgo la validez de los resultados presentados.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Área Ciencias Agrícolas, Pecuarias y RRNN de la UPEA, La Paz, Estado Plurinacional de Bolivia por el apoyo prestado durante el desarrollo del trabajo de investigación.

Consideraciones éticas

La investigación cumplió con los estándares éticos del proceso de información.

Aporte de los autores en el artículo

Los autores realizaron el levantamiento de la información y recopilación bibliográfica, así como revisión y redacción del artículo final.

Limitaciones en la investigación

Los autores señalan que no hubo limitaciones en el presente trabajo de investigación.

Literatura citada

1. Wurzinger M, Delgado J, Nürnberg M, Valle Zárate A, Stemmer A, Ugarte G, et al. Growth curves and genetic parameters for growth traits in Bolivian llamas. *Livest Prod Sci* 2005;95(1-2):73-81. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.12.015>
2. Popova T, Limachi J, Tejada L, Mollinedo P, Peñarrieta JM. Fatty acid composition in llama meat from bolivian markets, observation from three different markets. *Rev Bol Quím* 2020;37(2):64-73. DOI: <https://doi.org/10.34098/2078-3949.37.2.1>
3. Miranda-de la Lama GC, Villarroel M. Behavioural biology of South American domestic camelids: An overview from a welfare perspective. *Small Rumin Res* 2023;220:106918. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2023.106918>
4. Choque Sánchez DS, Ayala Vargas C. Comparación de tres métodos de diagnóstico de preñez en llamas (*Lama glama*) de la estación experimental Choquenaira. *Apthapi* 2017;3(1):1-10.
5. Fernández-Baca S, Hansel W, Novoa C. Embryonic mortality in the alpaca. *Biol Reprod* 1970;3(2):243-51. DOI: <https://doi.org/10.1093/biolreprod/3.2.243>
6. Bravo PW, Sumar J, Riera SG. Factors that determine fertility in alpacas. In: *Proceedings of the International Convention on SAC*, Cusco, Perú; 1985. p. 4.
7. Ratto M, Cervantes M, Norambuena MC, Silva M, Miragaya M, Huanca W. Effect of location and stage of development of dominant follicle on ovulation and embryo survival rates in alpacas. *Anim Reprod Sci* 2011;127(1-2):100-5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.07.003>
8. Vaughan JL, Tibary A. Reproduction in female South American camelids: A Review and clinical observations. *Small Rumin Res* 2006;61(2-3):259-81. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.07.015>
9. Ospina PA, Nydam DV, Stokol T, Overton TR. Associations of elevated nonesterified fatty acids and beta-hydroxybutyrate concentrations with early lactation reproductive performance and milk production in transition dairy cattle in the north-eastern United States. *J Dairy Sci* 2010;93(4):

- 1596-603. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2852>
10. Ospina PA, Nydam DV, Stokol T, Overton TR. Evaluation of nonesterified fatty acids and beta-hydroxybutyrate in transition dairy cattle in the northeastern United States: Critical thresholds for prediction of clinical diseases. *J Dairy Sci* 2010;93(2):546-54. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2277>
11. Zachut M, Honig H, Striem S, Zick Y, Boura-Halfon S, Moallem U. Periparturient dairy cows do not exhibit hepatic insulin resistance, yet adipose-specific insulin resistance occurs in cows prone to high weight loss. *J Dairy Sci* 2013;96(9):5656-69. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6142>
12. Tornquist SJ, Cebra CK, Van Saun RJ, Smith BB, Mattoon JS. Metabolic changes and induction of hepatic lipidosis during feed restriction in llamas. *Am J Vet Res* 2001;62(7):1081-7. DOI: <https://doi.org/10.2460/ajvr.2001.62.1081>
13. Van Saun R, Cebra C. Nutritional diseases. In: Cebra C, Anderson DE, Tibary A, Van Saun RJ, Johnson LRW, editors. *Alpaca and Llama Care. Medicine, Surgery, Reproduction, Nutrition, and Herd Health*. Philadelphia: Elsevier Inc.; 2014. p. 124-39. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-1-4377-2352-6.00013-4>
14. Butler WR. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livest Prod Sci* 2003;83(2-3):211-8. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00112-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00112-X)
15. Strieder Barboza C, Cucunubo LG, Smulders JP, Wittwer F, Noro M. Indicadores energéticos de vacas lecheras a pastoreo en período de transición y lactancia temprana con alta o moderada condición corporal preparto. *Rev Cient* 2014;24(1):73-82.
16. Meyer K, Zhang L. Fetal programming of cardiac function and disease. *Reprod Sci* 2007;14(3):209-16. DOI: <https://doi.org/10.1177/1933719107302324>
17. Diskin MG, Mackey DR, Roche JF, Sreenan JM. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. *Anim Reprod Sci* 2003;78(3-4):345-70. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0378-4320\(03\)00099-X](https://doi.org/10.1016/s0378-4320(03)00099-X)
18. Patton J, Kenny DA, McNamara S, Mee JF, O'Mara FP, Diskin MG, et al. Relationship among milk production, energy balance, plasma analytes, and reproduction in Holstein-Frisian Cows. *J Dairy Sci* 2007;90(2):649-58. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)71547-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)71547-3)
19. San Martín F, Van Saun RJ. Feeding management systems. In: Cebra C, Anderson DE, Tibary A, Van Saun RJ, Johnson LRW, editors. *Alpaca and Llama Care. Medicine, Surgery, Reproduction, Nutrition, and Herd Health*. Philadelphia: Elsevier Inc.; 2014. p. 91-100. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-1-4377-2352-6.00011-0>
20. Norambuena C, Mussa K, Hernández F, Alfaro J, Velasco M. Energy balance of pregnant vicuñas (*Vicugna vicugna*) in the Chilean High Andes. *Austral J Vet Sci* 2019;51(1):33-6. DOI: <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-81322019000100106>
21. Huzzey JM, von Keyserlingk MAG, Weary DM. Changes in feeding, drinking, and standing behavior of dairy cows during the transition period. *J Dairy Sci* 2005;88(7):2454-61. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72923-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72923-4)
22. Stalker LA, Adams DC, Klopfenstein TJ, Feuz DM, Funston RN. Effects of pre- and postpartum nutrition on reproduction in spring calving cows and calf feedlot performance. *J Anim Sci* 2006;84(9):2582-9. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2005-640>

23. Norambuena C, Hernandez F, Alfaro J, Silva G, Topp S, Ratto M. Effect of different levels of energy diet restriction on energy balance, leptin and cl development, vascularization, and function in South American Camelids. *Front Vet Sci* 2020; 7:598147. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.598147>
24. Norambuena MC, Silva M, Urrea F, Ulloa-Leal C, Fernández A, Adamas GP, et al. Effects of nutritional restriction on metabolic, endocrine, and ovarian function in llamas (*Lama glama*). *Anim Reprod Sci* 2013;138(3-4):252-60. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.01.019>
25. Cavestany D, Viñoles C, Crowe MA, La Manna A, Mendoza A. Effect of prepartum diet on postpartum ovarian activity in Holstein cows in a pasture-based dairy system. *Anim Reprod Sci* 2009; 114(1-3):1-13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2008.08.007>
26. San-Martin M, Copaira M, Zúñiga J, Rodriguez R, Bustinza G, Acosta L. Aspects of reproduction in the alpaca. *J Reprod Fertil* 1968;16(3):395-9. DOI: <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0160395>
27. Mamani-Mondragón CV. Susceptibility of the corpus luteum to prostaglandin F_{2α} action in alpacas induced to ovulate with seminal plasma [tesis licenciatura]. [Lima]: Universidad Mayor de San Marcos; 2014 [citado 16 de septiembre de 2023]. Recuperado a partir de: <https://hdl.handle.net/20.500.12672/3947>
28. Van Saun RJ. Effect of nutrition on reproduction in llamas and alpacas. *Theriogenology* 2008;70(3):508-14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.04.025>
29. Ayres H, Ferreira RM, Torres-Júnior JRS, Demétrio CGB, Sá Filho MF, Gimenes LU, et al. Inferences of body energy reserves on conception rate of suckled Zebu beef cows subjected to timed artificial insemination followed by natural mating. *Theriogenology* 2014;82(4):529-36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.04.026>
30. García W, Leyva V. Índices genéticos estimados para peso corporal en llamas. *Rev Investig Vet Perú* 2007;18(1):11-7. DOI: <https://doi.org/10.15381/rivep.v18i1.1269>
31. Cavestany D, Blanc JE, Kulcsar M, Uriarte G, Chilbroste P, Meikle A, et al. Studies of the transition cow under a pasture-based milk production system: metabolic profiles. *J Vet Med A Physiol Pathol Clin* 2005;52(1):1-7. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.2004.00679.x>
32. Kapustka J, Budzyńska M. Reproductive losses and their causes in alpacas a survey-based study. *Animals* 2022;12(21):3030. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani12213030>
33. D'Occhio MJ, Baruselli PS, Campanile G. Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: A review. *Theriogenology* 2019;125:277-84. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.11.010>
34. Fontes PLP, Oosthuizen N, Ciriaco FM, Sanford CD, Canal LB, Cooke RF, et al. Effects of nutrient restriction on the metabolic profile of *Bos indicus*-influenced and *B. taurus* suckled beef cows. *Animal* 2021;15(3):100166. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100166>
35. McArt JA, Nydam DV, Oetzel GR, Overton TR, Ospina PA. Elevated non-esterified fatty acids and β-hydroxybutyrate and their association with transition dairy cow performance. *Vet J* 2013;198(3):560-70. DOI: <https://www.doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.08.011>
36. Wittwer FG, editor. Manual de patología clínica veterinaria. 3ra ed [Internet]. Valdivia: Ediciones Universidad Austral de Chile; 2021 [citado 22 de abril de 2023]. Recuperado a partir de: https://www.google.com.bo/books/edition/Manual_de

- [_patolog%C3%ADa_el%C3%ADnica_veterinari/nQM0EAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1](#)
37. Zaki MG, Baraka TA, Elkhiat MA, Younis MR, Tayeb FAEF. Determination of hematobiochemical and fore stomach fluid constituents of llama (*Lama glama*) living in Egypt. Trop Anim Health Prod 2023;55(6):403. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03820-z>
38. McKenzie EC, Guerra JC, Middleton JR, Kim DY, Williams F 3rd, Garcia TM, et al. Black oil sunflower seed ingestion associated with renal azotemia, gastroesophageal ulceration, and a high mortality rate in four alpacas and two llamas. J Am Vet Med Assoc 2021;259(4):406-14. DOI: <https://doi.org/10.2460/javma.259.4.406>
39. Hengrave Burri I, Tschudi P, Martig J, Liesegang A, Meylan M. Neuweltkameliden in der Schweiz. II. Referenzwerte für hämatologische und blutchemische Parameter. Schweiz Arch Tierheilk 2005; 147(8):335-43. DOI: <https://doi.org/10.1024/0036-7281.147.8.335>
40. Tallacagua-Terrazas R, Mamani-Tola R. Determinación de los parámetros bioquímicos sanguíneos y hematología, en Llamas (*Lama glama*) en el Altiplano Central, La Paz. Apthapi 2017;3(3):693-701.
41. Copa S, Condori R. Parámetros bioquímicos sanguíneos en llamas (*Lama glama*) alimentadas en praderas nativas tholar pajonal en Choquecota Oruro, Bolivia. Rev Inv Cs Agro y Vet 2020;4(10):15-25. DOI: <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v4i10.68>
42. Foster A, Bidewell C, Barnett J, Sayers R. Haematology and biochemistry in alpacas and llamas. In Practice 2009;31(6):276-81. DOI: <https://doi.org/10.1136/inpract.31.6.276>
43. Kiani A, Alstrup L, Nielsen MO. Differential metabolic and endocrine adaptations in llamas, sheep, and goats fed high- and low-protein grass-based diets. Domest Anim Endocrinol 2015;53:9-16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2015.03.006>
44. Fumuso FG, Carretero MI, Chaves MG, Arraztoa CC, Veiga MF, Schapira A, et al. Neurological disorder in a male llama originated by an abscedative myositis. Trends Med 2020;20:1-3. DOI: <https://doi.org/10.15761/TiM.1000225>
45. Huamán M, Olazábal-Loaiza J, San Martín F. Proteína cruda de la dieta y nitrógeno ureico sanguíneo en alpacas y ovejas. Rev Investig Vet Perú 2023;34(1):e24617. DOI: <https://doi.org/10.15381/rivep.v34i1.24617>
46. Tshuma T, Fosgate GT, Hamman R, Holm DE. Effect of different levels of dietary nitrogen supplementation on the relative blood urea nitrogen concentration of beef cows. Trop Anim Health Prod 2019;51(7):1883-91. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01883-5>
47. Calsamiglia S, Ferret A, Reynolds CK, Kristensen NB, van Vuuren AM. Strategies for optimizing nitrogen use by ruminants. Animal 2010;4(7):1184-96. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731110000911>
48. Dixon CE, Kelley D, Froehlich JM, Gruntman A, Oura T, Mazan MR, et al. Therapeutic plasma exchange to mitigate flunixin meglumine overdose in a cria. J Vet Emerg Crit Care (San Antonio) 2021;31(4):521-4. DOI: <https://doi.org/10.1111/vec.13071>
49. Van Saun RJ. Nutrient requirements of South American camelids: a factorial approach. Small Rumin Res 2006;61(2-3):165-86. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.07.006>
50. Reynolds CK, Kristensen NB. Nitrogen recycling through the gut and the nitrogen economy of ruminants: an asynchronous symbiosis. J Anim Sci 2008;86 Suppl 14:E293-305. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0475>

51. Blanche D, Vaughan J, Maloney S, Milton J. Feeding Alpacas to Enhance reproduction and fleece quality. Australia: Rural Industries Research and Development Corporation; 2011.
52. Chamorro MF, Passler T, Joiner K, Poppenga RH, Bayne J, Walz PH. Acute renal failure in 2 adult llamas after exposure to Oak trees (*Quercus* spp.). *Can Vet J* 2013;548(1):61-4.
53. Jankovsky JM, Newman SJ. Pathology in Practice. Vitamin D toxicosis in an alpaca cria. *J Am Vet Med Assoc* 2017;251(5):531-4. DOI: <https://doi.org/10.2460/javma.251.5.531>
54. Wagener MG, Ganter M. Body condition scoring bei neuweltkamelen. *Der Praktische Tierarzt* 2020;101(7):684-96. DOI: <https://doi.org/10.2376/0032-681X-2020>
55. Tornquist SJ, Van Saun RJ, Smith BB, Cebra CK, Snyder SP. Hepatic lipidosis in llamas and alpacas: 31 cases (1991-1997). *J Am Vet Med Assoc* 1999;214(9):1368-72. DOI: <https://doi.org/10.2460/javma.1999.214.09.1368>
56. Fowler ME, Bravo PW. Feeding and Nutrition. In: Fowler ME, Bravo PW, editors. *Medicine and Surgery of Camelids* [Internet]. Singapore: Wiley-Blackwell; 2010. p. 17-58. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118785706.ch2>
57. Cebra CK, Tornquist SJ, Van Saun RJ, Smith BB. Glucose tolerance testing in llamas and alpacas. *Am J Vet Res* 2001;62(5):682-6. DOI: <https://doi.org/10.2460/ajvr.2001.62.682>
58. Burton S, Robinson TF, Roeder BL, Johnston NP, Latorre EV, Reyes SV, et al. Body condition and blood metabolite characterization of alpaca (*Lama pacos*) three months prepartum and offspring three months postpartum. *Small Rumin Res* 2003;48(2):69-76. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00257-2](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00257-2)
59. Bobowiec R, Kierska M, Kosior-Korzecka U. Insulin sensitivity in high-producing lactating cows. *Medycyna Wet* 2011;67(3):181-5.
60. Holtenius P. Hormonal regulation related to the development of fatty liver and ketosis. *Acta Vet Scand* 1993;89(Suppl.):55-60.
61. Holtenius P, Holtenius K. New aspects of ketone bodies in energy metabolism of dairy cows: a review. *Zentralbl Veterinarmed A* 1996;43(10):579-87. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.1996.tb00491.x>
62. Husakova T, Pavlata L, Pechova A, Hauptmanova K, Pitropovska E, Tichy L. Reference values for biochemical parameters in blood serum of young and adult alpacas (*Vicugna pacos*). *Animal* 2014;8(9):1448-55. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731114001256>
63. Jorritsma R, Jorritsma H, Schukken YH, Wentink GH. Relationships between fatty liver and fertility and some periparturient diseases in commercial Dutch dairy herds. *Theriogenology* 2000;54(7):1065-74. [https://doi.org/10.1016/S0093-691x\(00\)00415-5](https://doi.org/10.1016/S0093-691x(00)00415-5)
64. Putman AK, Brown JL, Gandy JC, Wisniewski L, Sordillo LM. Changes in biomarkers of nutrient metabolism, inflammation, and oxidative stress in dairy cows during the transition into the early dry period. *J Dairy Sci* 2018;101(10):350-59. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14591>
65. Ponter AA, Douar C, Mialot J-P, Benoit-Valliergue H, Grimard B. Effect of underfeeding postpartum Charolais beef cows on composition of plasma non-esterified fatty acids. *Animal Science* 2000;71(2):243-52. DOI: <https://doi.org/10.1017/s1357729800055077>
66. Alforma AMP, Pereira GR, da Rocha MK, Teixeira ODS, de Oliveira MCM, Lima JA, et al. Influence of weaning management at 30, 75 and 180

- days of age on non-esterified fatty acids and reproductive performance in beef cows. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)* 2023;107(2):407-17. DOI: <https://doi.org/10.1111/jpn.13736>
67. Reist MD, Erdin D, von Euw D, Tschuemperlin K, Leuenberger Y, Chilliard Y, et al. Estimation of energy balance at the individual and herd level using blood and milk traits in high-yielding dairy cows. *J Dairy Sci* 2022;85(12):3314-27. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74420-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74420-2)
68. Nikkhah A, Alimirzaei M. Management updates on prepartal stress effects on transition cow and calf health. *World Vet J* 2023;13(2):250-7. DOI: <https://doi.org/10.54203/scil.2023.wvj27>
69. Pritchard CE, Palme R, Langkilde T. Glucocorticoid and triiodothyronine concentrations do not correlate with behavior in vicuñas (*Vicugna vicugna*). *Gen Comp Endocrinol* 2020;286:113299. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2019.113299>
70. Sylla L, Crociati M. Pregnancy toxemia and lipid mobilization syndrome in two alpaca (*Vicugna pacos*) at 6 and 10 months of gestation. *Large Anim Rev* 2020;26(6):317-20.

Nota del Editor:

Journal of the Selva Andina Animal Science (JSAAS). Todas las afirmaciones expresadas en este artículo son únicamente de los autores y no representan necesariamente las de sus organizaciones afiliadas, o las del editor, editores y los revisores. Cualquier producto que pueda ser evaluado en este artículo, o la afirmación que pueda hacer su fabricante, no está garantizado o respaldado por el editor.