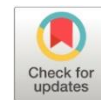


Suplementos energéticos tradicionales y alternativos en vacas lecheras

Traditional and alternative energy supplements in Dairy cows

- ¹ Francis Mateo Camino-Grijalva  <https://orcid.org/0009-0001-5606-1633>
Universidad Técnica de Ambato (UTA), Ambato, Ecuador.
Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera Medicina Veterinaria
fcamino4802@uta.edu.ec
- ² Jorge Ricardo Guerrero López  <https://orcid.org/0000-0002-4943-9917>
Universidad Técnica de Ambato (UTA), Ambato, Ecuador.
jr.guerrero@uta.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 08/10/2025

Revisado: 10/11/2025

Aceptado: 03/12/2025

Publicado: 05/01/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v9i1.3576>

Cítese: Camino Grijalva, F. M., & Guerrero López, J. R. (2026). Suplementos energéticos tradicionales y alternativos en vacas lecheras. *Anatomía Digital*, 9(1), 60-81. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v9i1.3576>

**Ciencia Digital**
Editorial

ANATOMÍA DIGITAL, es una Revista Electrónica, Trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://anatomiadigital.org>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>



Palabras claves:

vacas lecheras,
suplementación
energética,
producción de leche,
balance energético,
metabolitos.

Resumen

Introducción: La suplementación energética en vacas lecheras es una estrategia esencial para mitigar el balance energético negativo durante la transición y potenciar la productividad en distintos sistemas de producción. **Objetivos:** la presente revisión tiene como propósito sintetizar la evidencia científica sobre la suplementación energética en vacas lecheras, evaluando su impacto en parámetros productivos y metabólicos DMI, leche corregida por energía (ECM), NEFA, BHBA y glucosa. **Metodología:** La presente revisión siguió un enfoque descriptivo y sistemático, tomando como base los lineamientos PRISMA adaptados a investigaciones en producción animal. **Resultados:** Esta revisión integró evidencia científica reciente sobre diversos suplementos como grasas protegidas, cereales procesados, fitonutrientes, subproductos agroindustriales y aditivos metabólicos. Los suplementos tradicionales, especialmente las grasas protegidas (palmitato, sales cálcicas de ácidos grasos) y los cereales procesados (maíz grano húmedo, trigo partido), mejoran la producción de leche. En contraste los fitonutrientes, como la capsaicina y los aceites esenciales, presentan resultados más variables, aunque con tendencias favorables en la ingesta de materia seca, la eficiencia alimentaria y algunos indicadores metabólicos. Los subproductos agroindustriales, como la corteza de cacao y los residuos de naranja, constituyen alternativas económicas y sostenibles, capaces de mantener la producción si se emplean en niveles adecuados de inclusión. Por otro lado, los aditivos metabólicos y micronutrientes como el propilenglicol, el propionato, la colina y metionina protegida demostraron mejorar el balance energético, reducir los ácidos grasos y β -hidroxibutirato disminuyendo el riesgo de trastornos metabólicos en el posparto. **Conclusiones:** resultados de esta revisión muestran que los suplementos energéticos tradicionales como las grasas protegidas y los cereales procesados son los más consistentes en mejorar la producción de leche y la leche corregida por energía. **Área de estudio general:** medicina. **Área de estudio específica:** veterinaria. **Tipo de artículo:** revisión bibliográfica sistemática.

Keywords:

dairy cows, energy supplementation, milk yield, energy balance, metabolite.

Abstract

Introduction: Energy supplementation in dairy cows is an essential strategy to mitigate the negative energy balance during the transition and boost productivity in different production systems. **Objectives:** The purpose of this review is to synthesize the scientific evidence on energy supplementation in dairy cows, evaluating its impact on productive and metabolic parameters DMI, energy-corrected milk (ECM), NEFA, BHBA and glucose. **Methodology:** This review followed a descriptive and systematic approach, based on the PRISMA guidelines adapted to animal production research. **Results:** This review integrated recent scientific evidence on various supplements such as protected fats, processed cereals, phytonutrients, agro-industrial by-products, and metabolic additives. Traditional supplements, especially protected fats (palmitate, calcium salts of fatty acids) and processed cereals (wet grain corn, cracked wheat), improve milk production. In contrast, phytonutrients, such as capsaicin and essential oils, show more variable results, although with favorable trends in dry matter intake, feed efficiency, and some metabolic indicators. Agro-industrial by-products, such as cocoa bark and orange waste, are economical and sustainable alternatives, capable of maintaining production if used at appropriate levels of inclusion. On the other hand, metabolic additives and micronutrients such as propylene glycol, propionate, choline and protected methionine have been shown to improve energy balance, reduce fatty acids and β -hydroxybutyrate, decreasing the risk of metabolic disorders in the postpartum period. **Conclusions:** results of this review show that traditional energy supplements such as protected fats and processed cereals are the most consistent in improving milk production and energy-corrected milk. **General area of study:** medicine. **Specific area of study:** veterinary. **Type of article:** systematic bibliographic review.

1. Introducción

La producción lechera constituye un pilar estratégico para la garantía de alimentos y el impulso económico en América Latina, en particular en la zona Andina, donde predomina un modelo de pequeños productores familiares intensivos en mano de obra [1]. En Ecuador la industria láctea genera aproximadamente 1.400 millones de dólares al año y alcanza una producción diaria de aproximadamente 5,7 millones de litros, concentrada en la Sierra con un 79,6% del total nacional [2].

Provincias como Tungurahua destacan como núcleos productivos, donde las explotaciones familiares sostienen gran parte de la economía local [3]. Este panorama ilustra la relevancia socio económica de la actividad lechera, así como la necesidad de optimizar su productividad bajo condiciones locales caracterizadas por limitaciones en la calidad y disponibilidad de forraje. En el transcurso de la fase de adaptación, que abarca las semanas previas y posteriores al parto, las vacas lecheras enfrentan un severo desafío metabólico asociado al Balance Energético Negativo (BEN) [4]. La reducción de la Ingesta de Materia Seca (DMI) hasta en un 30% antes del parto y el aumento repentino de los requerimientos energéticos por la producción de leche generan un desequilibrio que predispone a cetosis, hígado graso y otras patologías reproductivas e infecciosas [5].

La movilización excesiva de reservas lipídicas eleva los niveles en Plasma de Ácidos Grasos Libres (NEFA) y β -hidroxibutirato (BHBA), con consecuencias negativas sobre la salud, la eficiencia reproductiva y la productividad [6]. Así, el BEN en el posparto temprano representa una de las principales limitantes del rendimiento y la rentabilidad de las explotaciones lecheras modernas [7].

Para mitigar estos problemas, la suplementación energética se consolidó como estrategia clave, tradicionalmente se emplean granos y concentrados ricos en almidón maíz, sorgo, afrechillo que aportan energía digestible, aunque en exceso pueden inducir acidosis ruminal [8]. De allí surge el uso de grasas protegidas (bypass), que incrementan la densidad energética sin comprometer la fermentación ruminal, triplicando en algunos casos la energía neta de lactancia por kilogramo frente a los cereales [9].

Paralelamente, en América Latina se exploraron alternativas locales como subproductos agroindustriales (bagazo de naranja, cáscara de cacao, harina de baru), que representan insumos de bajo costo y pueden sustituir parte de los concentrados convencionales sin afectar la producción de leche [10] [11] [12]. Más allá de las fuentes tradicionales, la literatura reciente destacó el potencial de compuestos bioactivos como extractos de plantas, levaduras y algas. En particular, la capsaicina mostró efectos positivos sobre la ingesta, la producción de leche y el metabolismo energético en rumiantes, aunque con resultados heterogéneos y dependientes de la dosis [13]. De forma similar, el extracto de té verde y otros fitonutrientes fueron evaluados como aditivos con propiedades

antioxidantes, antiinflamatorias y moduladoras de la fermentación ruminal, con beneficios potenciales en la eficiencia alimentaria [14] [15].

En este contexto, la presente revisión tiene como propósito sintetizar la evidencia científica sobre la suplementación energética en vacas lecheras, evaluando su impacto en parámetros productivos y metabólicos DMI, Leche Corregida por Energía (ECM), NEFA, BHBA y glucosa. Buscando integrar resultados de estudios experimentales y revisiones recientes, incluyendo tanto fuentes convencionales como grasas protegidas y cereales al igual que las alternativas como subproductos agroindustriales, compuestos bioactivos.

2. Metodología

La presente revisión siguió un enfoque descriptivo y sistemático, tomando como base los lineamientos PRISMA adaptados a investigaciones en producción animal como lo muestra la **Figura 1**. La recopilación de información se efectuó en repositorios de datos científicos como Scopus, Web of Science, PubMed, SciELO y Google Académico, complementada con literatura gris (tesis y repositorios institucionales). El período de búsqueda abarcó publicaciones desde el año 2020 hasta 2025, considerando documentos en inglés, español y portugués.

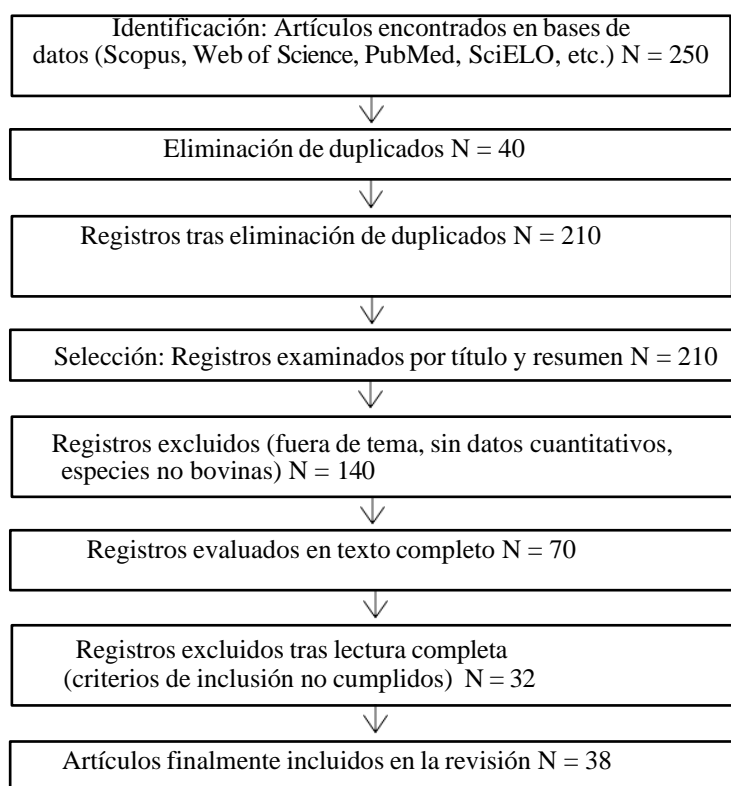


Figura 1. Flujo del proceso de selección de artículos

La **Figura 1** a través de la metodología PRISMA el diagrama de flujo muestra el proceso

de selección de artículos para la revisión sistemática, siguiendo las fases de identificación, selección, evaluación y exclusión, hasta la inclusión final de los estudios analizados. Se utilizaron combinaciones de palabras clave y operadores booleanos, entre ellas: “dairy cow” OR “vacas lecheras” AND “energy supplementation” OR “suplementación energética” AND “milk production” OR “producción de leche”. También se incluyeron términos específicos como “protected fat”, “propionate”, “propilenglicol”, “aceites”, “subproductos energéticos”.

2.1. Criterios de inclusión

- Estudios in vivo realizados en vacas lecheras, en condiciones experimentales o de campo.
- Artículos originales, tesis o reportes con datos cuantitativos sobre producción y balance
- energético.
- Intervenciones enfocadas en suplementos energéticos (grasas protegidas, aceites, propionato, glucogénicos, subproductos energéticos, etc.).
- Publicaciones disponibles a texto completo.

2.2. Criterios de exclusión

- Estudios in vitro o revisiones sin datos experimentales.
- Trabajos en otras especies que no incluyeran bovinos lecheros.
- Documentos duplicados o sin acceso al texto completo.

En tres etapas se efectuó la selección de documentos relevantes: revisión de títulos, análisis de resúmenes y lectura completa de los textos. Los datos extraídos incluyeron: autor(es), año, tipo de suplemento y resultados productivos/metabólicos (producción de leche, ECM, DMI, composición láctea, balance energético).

3. Resultados

La suplementación energética en ganado lechero se estudió de forma extensa por su capacidad para optimizar la producción de leche, incrementar la eficacia en el aprovechamiento de nutrientes y mitigar los efectos del balance energético negativo, especialmente durante el período de cambio. Los estudios analizados en esta revisión aportan evidencia sólida sobre los efectos de los diferentes suplementos tradicionales como lipídicos y cereales procesados, así como también los aditivos alternativos, como fitonutrientes y subproductos agroindustriales. La **Tabla 1** presenta de manera detallada los principales hallazgos productivos y metabólicos reportados en cada investigación, mostrando un resumen de estudios sobre suplementación energética en vacas lecheras, con detalle del suplemento evaluado, su efecto en la producción de leche, la composición

láctea y el balance energético/metabolitos.

Tabla 1. Resumen de estudios sobre suplementación energética en vacas lecheras

Campos (2012) [8]	Maíz húmedo vs trigo partido	+2,3 kg/día con maíz	↑ grasa con trigo; más leche con maíz	Mejor balance energético con maíz
Hidalgo (2020) [9]	Grasa sobrepasante (by-pass fat)	Producción ↑ en +2 kg/día vs. control	↑ % grasa láctea (3,7% vs. 3,4% control)	Mejor balance energético y condición corporal
Souza et al. (2025) [12]	Harina de baru vs maíz	18–20 kg/día	Ligera ↓ grasa	↑ proteína y energía digestible
Orzuna-Orzuna et al. (2024) [13]	Capsaicina (meta-análisis)	+1,18 kg/día	↑ % grasa y MFY	↑ eficiencia alimentaria; sin cambios NEFA/BHBA
Leal et al. (2024) [14]	Fitonutrientes (rev.)	+1–2 kg/día (45–50% de estudios)	↑ grasa/proteína en algunos casos	↓ metano; ↑ digestibilidad
Gessner et al. (2020) [15]	Extracto de té verde en vacas periparto	Incremento de +1,1 kg/día de leche en tratadas	No se detectaron cambios en grasa o proteína	Reducción de estrés oxidativo hepático y menor acumulación de NEFA
Al-Suwaiegh et al. (2020) [16]	Mezcla de aceites esenciales	Tendencia a incremento de +1,0 kg/día durante tratamiento; efecto se mantuvo post- tratamiento	Ligeros aumentos en % grasa y proteína, sin significancia estadística	Posible mejora en eficiencia alimentaria
Barbizan et al. (2020) [17]	Plan proteico-energético en pasturas tropicales	Producción ≈15–18 kg/día con suplementación vs. 12 kg/día en control	↑ grasa láctea y proteína; mejor persistencia lactacional	Mejor balance energético; menor pérdida de peso vivo
Rodrigues et al. (2020) [18]	Suplementación lipídica en vacas a pasto	Incremento productivo moderado: +1,2 kg/día frente al grupo de control	Tendencia a mayor % grasa en leche; proteína estable	Se discute riesgo de balance energético negativo si aporte lipídico es excesivo
Chahinian (2020) [19]	Suplementación estratégica en periparto	Producción media estable en torno a 22– 24 kg/día	Composición no modificada significativamente	Mejora del balance energético postparto; reducción de cetosis subclínica

Tabla 1. Resumen de estudios sobre suplementación energética en vacas lecheras (continuación)

Oyebade et al. (2020) [20]	Grasas saturadas (triglicéridos vs. sales cálcicas)	Producción reducida en TG: -2,0 kg/día frente a sales	Peor digestibilidad de grasa; reducción de % grasa láctea	Balance energético comprometido
Meyer et al. (2020) [21]	L-Carnitina (20 g/día)	+1,5 kg/día; ECM ↑	Tendencia a ↑ proteína; grasa estable	↑ oxidación de ácidos grasos; ↓ BHBA; mejor recuperación posparto
Torres (2020) [22]	Ensilaje de maíz, sorgo y caña	Maíz: 34–36 kg/día; sorgo/caña: 28–30 kg/día	Mejor perfil grasa/proteína en maíz	Menor eficiencia energética con sorgo y caña
Western et al. (2020) [23]	—	No reportado	—	—
Zahoor et al. (2020) [24]	Ácidos grasos C16:0 y C18:0	+3–5% digestibilidad MS/NDF; ECM ↑	Sin efecto consistente	Mayor respuesta lipídica; cambios en AG e insulina
Zhang et al. (2020) [25]	Propilenglicol (PG)	+1,0 kg ECM	Sin cambios	↑ glucosa; mejor balance energético
Zhang et al. (2020) [26]	Palm fat + ácido fólico protegido	+1,7 kg/día	↑ grasa y proteína	Mejora balance energético temprano posparto
Zhang et al. (2020) [26]	Ácido fólico ± B12 (periparto)	18–22 kg/día	Grasa 3,5%; proteína 3,1%	↓ NEFA y BHBA; mejor balance energético
De Assis et al. (2021) [27]	Cromo	+1,2 kg/día	↑ proteína; grasa estable	↓ NEFA; mejora metabolismo glucosa
Kuoppala et al. (2021) [28]	Habas, altramuza, colza (silaje)	24–26 kg/día	↑ proteína (colza); grasa sin cambios	Mejor uso de N; sin impacto energético
Narváez et al. (2021) [29]	Saccharomyces cerevisiae	14,86 vs 14,27 kg/día	↑ proteína y grasa	Parámetros sanguíneos normales
Rapetti et al. (2021) [30]	Linaza y cáñamo	23–25 kg/día	Composición estable; ↑ omega-3	↓ metano; mejor balance N
Souza et al. (2021) [31]	Palmitato/oleato en dieta	Producción estable	Palmitato ↑ grasa; oleato ↑ digestibilidad	Mejor balance energético con mezcla

Tabla 1. Resumen de estudios sobre suplementación energética en vacas lecheras (continuación)

Sycheva et al. (2021) [32]	Suplementos energéticos	19,4 vs 18,0 kg/día	Sin cambios relevantes	↑ eficiencia alimentaria
Gerarduzzi (2022) [33]	Concentrado en vacas lecheras	18–25 kg/día	Grasa y proteína estables	Riesgo de acidosis si exceso
Hassen et al. (2022) [34]	Suplementación general	+1,5 kg/día	+0,1% proteína	Mejor eficiencia productiva
Neville et al. (2022) [35]	Algas marinas calcáreas	+1,2 kg/día	Grasa/proteínas estables	↑ Ca y Mg; mejor balance mineral
Moreno (2022) [36]	Aceite de lino protegido	23,5 kg/día	Grasa 3,8%; proteína 3,1%	Mantiene condición corporal
Moretini (2022) [37]	Bicarbonato de sodio (rev.)	+1–2 kg/día	Grasa 3,7–3,9%	Mejora pH ruminal; ↓ acidosis
Sharifi et al. (2022) [38]	Nitrato en dieta	22–23 kg/día	↑ AG insaturados	↓ metano; NEFA y BHBA estables
Ribeiro et al. (2023) [39]	Aceites esenciales	18–20 kg/día (+1 kg)	↑ grasa; proteína / lactosas estables	↑ digestibilidad
Huang et al. (2023) [40]	Metionina y colina protegidas	+1,5 kg MY; +2,0 ECM	↑ proteína (3,2% vs 3,0%)	↓ NEFA/BHBA; mejor balance
Dalgallo (2024) [41]	Suplementos en pastoreo	20–22 kg/día	Grasa /proteínas estables	Menor pérdida corporal
Faoro & Túlio (2024) [42]	Gordura protegida posparto	25–28 kg/día	Grasa 3,8%; proteína ↑ leve	Mejora condición corporal
Sosa & Navas (2025) [43]	Revisión (nutrición y reproducción)	20–32 kg/día	Efectos variables	↓ NEFA/BHBA en dietas balanceadas
Jiang et al. (2025) [44]	Propionato de sodio	+2 kg/día	↑ proteína y grasa	↓ NEFA/BHBA; ↑ glucosa
Zhang et al. (2025) [45]	α-amilasa (lact. tardía)	+1,8 kg/día	Grasa 3,7%; proteína 3,2%	↑ digestibilidad almidón y energía

Nota: NEFA: Non-Esterified Fatty Acids → Ácidos grasos no esterificados (marcador de movilización de grasa corporal), DMI: Dry Matter Intake → Ingesta de materia seca, TG: Triglycerides →

Triglicéridos, ECM: Energy-Corrected Milk → Leche corregida por energía, BHBA: Beta-Hydroxybutyrate → β -hidroxibutirato (cuerpo cetónico, indicador de cetosis), BUN: Blood Urea Nitrogen → Nitrógeno ureico en sangre, CC: Condición corporal (Body Condition Score, BCS en inglés), AG: Ácidos grasos (Fatty Acids), MFC: Milk Fat Content → Contenido de grasa en leche (%), MFY: Milk Fat Yield → Producción de grasa láctea (kg/día o g/día).

4. Discusión

Los estudios analizados confirman que la suplementación energética sigue siendo una herramienta clave para gestionar el desafío metabólico que enfrentan las vacas lecheras durante el período de transición y, al mismo tiempo, mantener la productividad en diferentes sistemas de producción. La literatura coincide en que un balance energético negativo sigue siendo uno de los principales determinantes del rendimiento productivo y reproductivo, especialmente en entornos donde la calidad del forraje es variable. En estas circunstancias, los suplementos tradicionales, en particular las grasas protegidas y los granos procesados, mostraron respuestas más consistentes, lo que se reflejó en una mayor producción de leche y un metabolismo energético más estable. Esto sugiere que, cuando la dieta basal presenta limitaciones energéticas, el uso de fuentes concentradas y altamente digestibles puede representar un ajuste nutricional eficaz.

Sin embargo la incorporación de alternativas como fitonutrientes, subproductos agroindustriales o aditivos metabólicos demuestra que las opciones no se limitan únicamente a los suplementos convencionales. Si bien los resultados de estos compuestos suelen variar según el tipo de dieta y el nivel de inclusión, varios estudios coinciden en que pueden mejorar la eficiencia alimentaria, modular las respuestas metabólicas y, en algunos casos, contribuir a la sostenibilidad del sistema mediante la reducción de costos o el aprovechamiento de recursos locales. Esta variabilidad no implica necesariamente ineficiencia, sino que refleja la necesidad de ajustar las dosis, la formulación y la compatibilidad con la dieta existente.

En general, la información disponible indica que no existe un único suplemento universalmente superior, sino que se requieren estrategias que se adapten a las realidades de la producción, la calidad del forraje, el estado fisiológico y los requisitos de rendimiento del hato. La elección del tipo de suplemento debe considerar no solo su impacto en la producción, sino también su efecto en la salud, el metabolismo y la sostenibilidad económica del sistema. Las diversas respuestas observadas en la investigación también demuestran la necesidad de una evaluación continua de cómo estos suplementos interactúan con las dietas locales y bajo diferentes condiciones de manejo.

A continuación se detallan los suplementos:

4.1. Grasas y ácidos grasos protegidos / lípidos

Western et al. [23] evaluaron suplementos lipídicos comerciales enriquecidos en

palmitato (C16:0) y estearato (C18:0), observando que el suplemento con predominio de C16:0 incrementó la producción de Leche Corregida por Energía (ECM) y la producción de grasa láctea frente a mezclas o control. Además, reportó que la media de los Ácidos Grasos (FAT) aumentó la Producción de Leche (MY) y tendió a elevar la ECM. En un ensayo comparativo, Oyebade et al. [20] analizaron la suplementación con grasa saturada en forma de Triglicéridos (TG) versus Sales Cálcidas de Ácidos Grasos (CSFA), concluyendo que las CSFA generaron mayor producción de leche (47,6 vs. 46,2 kg/d) y leche corregida al 4% de grasa (44,7 vs. 42,7 kg/d), demostrando que la forma química del suplemento modifica la digestibilidad y el rendimiento.

Por su parte Zhang et al. [26] suplementaron vacas en lactancia temprana con Palm Fat Powder (Nombre científico) (500 g/d) y ácido fólico recubierto. Encontraron que el consumo de materia seca (DMI) no cambió significativamente, pero sí aumentaron la producción de leche y el porcentaje de grasa con ambos suplementos. El balance energético mejoró con Palm Fat Powder, mientras que el ácido fólico mostró efectos más modestos. Moreno [36] reportó que la suplementación con aceite de lino (nombre científico) protegido incrementó la producción de leche, manteniendo niveles estables de proteína y lactosa, aunque con

tendencia a una ligera variación en el perfil de ácidos grasos de la leche.

En conjunto estos hallazgos confirman que las grasas protegidas y suplementos lipídicos enriquecidos en C16:0 tienden a aumentar la ECM y la grasa láctea, con efectos variables en proteína y lactosa. Además, la forma física/química del suplemento (sales cálcicas vs. triglicéridos) y el perfil de ácidos grasos determinan de manera crítica la respuesta en digestibilidad, balance energético y rendimiento productivo.

4.2. Cereales y concentrados (maíz (*Zea mays*), trigo (*Triticum*), ensilajes, suplementos energéticos)

Campos [8] demostró que la suplementación con Maíz Grano Húmedo (MGH) produjo 28,9 kg/día de leche, frente a 26,4 kg/día con trigo partido en vacas a pastoreo primaveral. El contenido de grasa fue ligeramente menor con MGH (3,20%) que con trigo (3,44%), mientras que la proteína láctea fue mayor con este cereal. Por otro lado Torres [22] revisó comparaciones entre ensilajes de maíz, sorgo y caña de azúcar, indicando diferencias de hasta 1 a 3 kg/d en producción de leche, dependiendo de la calidad del ensilaje y de la oferta forrajera.

Así también Gerarduzzi [33] subrayó que el uso de concentrados permite sostener la producción en condiciones de pasturas limitadas, observándose aumentos moderados en la producción láctea y estabilidad en la composición de la leche. En general, los cereales energéticos y concentrados bien formulados ej. MGH vs. trigo, ensilaje de maíz vs. Sorgo

(*Sorghum vulgare*) suelen incrementar la producción de leche en sistemas pastoriles, con efectos más marcados cuando la calidad del forraje es baja o cuando el suplemento tiene mayor contenido de almidón digestible.

4.3. Aceites esenciales, fitonutrientes y extractos vegetales

Orzuna-Orzuna et al. [13] en un meta análisis sobre capsaicina, reportaron incrementos significativos en DMI (+0,295 kg/d), producción de leche (+1,18 kg/d) y producción de grasa láctea, sin efectos consistentes sobre proteína o lactosa. Además, se observó reducción de NEFA sérico y aumento de glucosa, sugiriendo una mejora del balance energético en vacas suplementadas. Leal et al. [14] realizaron una revisión sistemática sobre fitonutrientes, concluyendo que aunque la evidencia es heterogénea, aproximadamente el 66% de los estudios reportaron mejoras en eficiencia alimentaria y el 50% en digestibilidad además se documentaron reducciones de metano en varios ensayos.

Así mismo Al-Suwaiegh et al. [16] evaluaron una mezcla de aceites esenciales en vacas lecheras, reportando mejoras en consumo y tendencia a mayor producción de leche durante el tratamiento, aunque con respuestas variables en la composición láctea. Finalmente, Gessner et al. [15] analizaron el extracto de té verde en vacas periparto, encontrando mejoras en biomarcadores de estrés hepático, así como aumentos modestos en la producción de leche y estabilidad en el metabolismo energético.

En conclusión los fitonutrientes y aceites esenciales (especialmente capsaicina) generaron aumentos moderados en MY y eficiencia alimentaria, con beneficios adicionales en metabolismo energético y reducción de NEFA. La magnitud depende de dosis, encapsulación y dieta base.

4.4. Subproductos agroindustriales

Mera [10] evaluó la suplementación con cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) en vacas mestizas, encontrando que 750 g/día fue la dosis óptima, aumentando la producción de leche respecto a 500 g, sin efectos adversos ni mejoras adicionales a 1000 g/d. En la misma línea Soares [11] revisó el uso del bagazo de naranja (*Citrus × sinensis*), concluyendo que permite mantener o aumentar ligeramente la producción láctea cuando sustituye parte del concentrado, aunque la composición láctea varía según el nivel de inclusión.

Por otro lado Souza et al. [12] evaluaron harina de baru (*Dipteryx alata*) en reemplazo del maíz en suplementos, encontrando que niveles moderados mantienen la producción, pero sustituciones altas reducen digestibilidad y afectan la producción. En síntesis, los subproductos agroindustriales (cacao, bagazo de naranja, baru) se integraron en la dieta como fuentes energéticas alternativas, manteniendo la producción cuando se incluyeron

en niveles adecuados y con procesamiento apropiado.

4.5. *Aditivos energéticos y compuestos antiketogénicos*

Jiang et al. [44] mostraron que la suplementación con propionato de sodio mejoró el balance energético en vacas posparto, reduciendo NEFA y BHBA e incrementando glucosa, con un aumento de aproximadamente +2 kg/d de leche. Por otro lado Zhang et al. [25] reportaron que el propilenglicol mejoró ECM (+1 kg/d), redujo cetonemia y aumentó glucosa sanguínea, estabilizando la producción en el postparto.

De igual manera Moretini [37] revisó el uso de bicarbonato de sodio, señalando que actúa como buffer ruminal, mejorando el pH y en algunos casos aumentando DMI y producción, dependiendo de la dieta base. Al mismo tiempo Sharifi et al. [38] reportaron que la suplementación con nitrato no reduce la producción de leche si se dosifica correctamente, y contribuye a la mitigación de emisiones de metano, aunque requiere monitoreo por riesgo de metahemoglobinemia.

Estos resultados confirman que los aditivos energéticos y antiketogénicos son herramientas

útiles para mejorar el balance energético en transición, con beneficios directos en MY y reducción de trastornos metabólicos.

4.6. *Vitaminas B, metionina/colina protegida y cromo*

Zahoor et al. [24] revisaron la suplementación con ácido fólico solo o combinado con vitamina B12 en vacas lecheras, observando mejoras en rutas metabólicas relacionadas con la síntesis proteica y la producción de leche. Así también Huang et al. [40] evaluaron la suplementación con colina y metionina protegidas, mostrando incrementos consistentes en ECM (+1.6 kg/d en promedio) y reducción de BHBA/NEFA en vacas de transición.

Por otra parte De Assis et al. [27] reportaron que el cromo mejoró el metabolismo de glucosa/insulina y puede favorecer la eficiencia de producción, aunque los efectos productivos varían según dosis y forma de suplementación. En conjunto, los micronutrientes (RPC, RPM, ácido fólico, B12, Cr) optimizan el metabolismo energético y se asocian con incrementos modestos pero significativos en producción y composición láctea, especialmente durante el periparto.

4.7. *Enzimas y probióticos*

Zhang et al. [45] suplementaron con α -amilasa, mejorando la digestibilidad del almidón, aumentando la proporción de propionato ruminal y favoreciendo el metabolismo de glucosa; los incrementos en producción fueron modestos y variables. Narváez et al. [29] reportaron que la suplementación con *Saccharomyces cerevisiae* en bovinos del Valle de

Sibundoy mejoró la calidad de la leche y la producción en condiciones locales. Sycheva et al. [32] encontraron que la suplementación energética en vacas lactantes mejoró la digestibilidad y la productividad global.

5. Conclusión

- Los resultados de esta revisión muestran que los suplementos energéticos tradicionales como las grasas protegidas y los cereales procesados son los más consistentes en mejorar la producción de leche y la leche corregida por energía. Por otro lado los fitonutrientes y subproductos agroindustriales representan alternativas con alto potencial, aunque con efectos más variables. La capsaicina y algunos aceites esenciales mostraron incrementos moderados en la ingesta y la producción, mientras que subproductos como la cáscara de cacao o el bagazo de naranja permiten mantener la productividad y reducir costos, siempre que se manejen dosis adecuadas. Finalmente, los aditivos metabólicos y micronutrientes (propilenglicol, propionato, colina y metionina protegida, cromo) destacan por su capacidad de mejorar el balance energético, reducir NEFA y BHBA, y prevenir trastornos asociados al posparto. Aunque su impacto en la producción puede variar, contribuyen de manera clara a la estabilidad metabólica y reproductiva de las vacas lecheras.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de interés relacionados con la investigación, autoría o publicación de este artículo.

7. Declaración de contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron de manera equitativa en la concepción, ejecución, análisis y redacción de este estudio.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias Bibliográficas

- [1] Perry G, Bustos S, Ho S. What do non-renewable natural resource rich countries do with their rents? CAF Working paper [Internet]. 2011 [cited 2025, Sept. 05]. Available from: <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/221>
- [2] Fariña S, Baudracco J, Barg F. Producción láctea en diversas regiones: América Latina. Observatorio de la Cadena Láctea Argentina (OCLA) [Internet]. 2020 [citado 2025, sept. 05]. Disponible en:

- <https://www.ocla.org.ar/noticias/17619609-produccion-lactea-en-diversas-regiones-america-latina>
- [3] Teneda-Llerena WF, Guangasi-Quinfia GC, Zamora-Sánchez R, Teneda-Espín MG. Producción del sector lácteo de la Provincia de Tungurahua-Ecuador. Revista: MedWave [Internet]. 2023 [citado 2025, sept. 05]. Disponible en: <http://doi.org/10.5867/medwave.2023.S1.UTA260>
- [4] Sepúlveda-Varas P. Principales desafíos para el bienestar de la vaca lechera durante el periodo de transición [V Encuentro Internacional de Investigadores en Bienestar Animal del 14 al 15 noviembre 2022, Montevideo, Uruguay] [Internet]. 2022 [citado 2025, sept. 05]: 32-44. Disponible en: https://bienestaranimal.org.uy/wp-content/uploads/2022/12/Libro-de-Resumenes_ISBN.pdf
- [5] Arisnabarreta E. La nutrición en el período de transición y su relación con la fertilidad en vacas lecheras. Taurus [Internet]. 2023 [citado 2025, sept. 05]; 25: 12. Disponible en: https://openurl.ebsco.com/contentitem/gcd%3A164138895?sid=ebsco:ocu:record&id=ebsco:gcd:164138895&bquery=IS%201515-3037%20AND%20VI%2025%20AND%20DT%202023&page=1&link_origin=&s
- [6] Cascone G, Licitra F, Stamilla A, Amore S, Dipasquale M, Salonia R, et al. Subclinical ketosis in dairy herds: impact of early diagnosis and treatment. Frontiers in Veterinary Science [Internet]. 2022 [cited 2025, Sept. 05]; 9:895468. Available from: <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.895468>
- [7] Erazo Rodriguez FP, Rosero Erazo CR, Benavides Lara JC, Oñate Mancero FJ. Avances y desafíos en la producción lechera en Chimborazo. SciELA [Internet]. 2024 [citado 2025, sept. 05]; 1(1). Disponible en: <https://editorial-sciela.org/index.php/sciela/article/view/18>
- [8] Campos Vidal RH. Efecto de la suplementación energética con maíz grano húmedo o trigo partido sobre la producción y composición de leche de vacas lecheras en pastoreo primaveral alimentadas con alta y baja oferta de pradera [Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile] [Internet]. 2012 [citada 2025, sept. 01]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2012/fvc198c/doc/fvc198c.pdf>

- [9] Hidalgo GA. Efecto de la grasa sobre pasante sobre la producción láctea en vacas lecheras en el subtrópico del Ecuador. Revista Colombiana de Ciencia Animal – RECIA [Internet]. 2020 [citado 2025, sept. 05]; 12(1): 717. Disponible en: <https://doi.org/10.24188/recia.v12.n1.2020.717>
- [10] Mera Mejía AJ. Efectos de suplementación con cáscara de Cacao en la producción de leche en vacas mestizas [Tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro De Manabí – UELAM, El Carmen, Ecuador] [Internet]. 2024 [citado 2025, sept. 05]. Disponible en: <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/7206>
- [11] Soares G. Bagaço de laranja na alimentação de vacas leiteiras: revisão bibliográfica [Tesis de pregrado, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, Brasil] [Internet]. 2022 [citada 2 sep 2025]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11449/236168>
- [12] Souza, TF, Mourthé, MHF, Geraseev, LC, Barros, LV, Martins, M, De Braz, T. Valor nutricional de suplementos concentrados com farinha do Baru em substituição ao fubá de milho. Archivos de Zootecnia [Internet]. 2025 [citado 2025, sept. 05]; 74(286): 124-130. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/10222963.pdf>
- [13] Orzuna-Orzuna JF, Godina-Rodríguez JE, Garay-Martínez JR, Lara-Bueno A. Capsaicin as a dietary additive for dairy cows: a meta-analysis on performance, milk composition, digestibility, rumen fermentation, and serum metabolites. Animals [Internet]. 2024 [cited 2025, Sept. 05]; 14(7), 1075. Available in: <https://doi.org/10.3390/ani14071075>
- [14] Leal K, Parmeggiani E, Rodrigues C, Leal M. Efectos del uso de fitonutrientes en la dieta de rumiantes lecheros: revisión sistemática. Revista MVZ Córdoba [Internet]. 2024 [citado 2025, sept. 05]; 29(3):e3545. Disponible en: <https://doi.org/10.21897/rmvz.3545>
- [15] Gessner DK, Brock C, Hof LM, Most E, Koch C, Eder K. Effects of supplementation of green tea extract on the milk performance of periparturient dairy cows and the expression of stress response genes in the liver. Journal of Animal Science and Biotechnology [Internet]. 2020 [cited 2025, Sept. 05]; 11(1):57. Available from: <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00465-y>

- [16] Al-Suwaiegh SB, Morshedy SA, Mansour AT, Ahmed MH, Zahran SM, Alnemr TM, et al. Effect of an essential oil blend on dairy cow performance during treatment and post-treatment periods. Sustainability [Internet]. 2020 [cited 2025, Sept. 05]; 12(1): 9123. Available from: <https://doi.org/10.3390/su12219123>
- [17] Barbizan M, Valente EEL, Damasceno ML, Lopes SA, Tanaka E de S, Barros CP Junior, et al. Balanced protein/energy supplementation plan for beef cattle on tropical pasture. Livestock Science [Internet]. 2020 [cited 2025, Sept. 05]; 241:104211. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104211>
- [18] Rodrigues de Castro ÍR, de Carvalho Reis G, Lima Maciel D. Influência da suplementação lipídica no desempenho de vacas leiteiras mantidas a pasto. Revista Ciencia Animal [Internet]. 2020 [citado 2025, sept. 05];30(2):80-93. Disponible en: <https://revistas.uece.br/index.php/cienciaanimal/article/view/9603>
- [19] Chahinian M. Suplementación estratégica durante el parto en vacas lecheras: efectos sobre el balance energético [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica Argentina, Buenos Aires, Argentina] [Internet]. 2020 [citado, 2025 sept. 01]. Disponible en: <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/19692>
- [20] Oyeade A, Lifshitz L, Lehrer H, Jacoby S, Portnick Y, Moallem U. Saturated fat supplemented in the form of triglycerides decreased digestibility and reduced performance of dairy cows as compared to calcium salt of fatty acids. Animal [Internet]. 2020 [cited 2025, Sept. 05];14(5):973-982. Available from: <https://doi.org/10.1017/S1751731119002465>
- [21] Meyer J, Daniels S, Grindler S, Tröscher J, Alaedin M, Frahm J, et al. Effects of a dietary l-carnitine supplementation on performance, energy metabolism and recovery from calving in dairy cows. Journal Animals [Internet]. 2020 [cited 2025, Sept. 05]; 10(2), 342. Available from: <https://doi.org/10.3390/ani10020342>
- [22] Torres Posadas JH. Comparación de tres tipos de ensilaje (maíz, sorgo, y caña de azúcar) en la producción de leche: revisión de literatura [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de Honduras, Catacamas, Honduras] [Internet]. 2020 [citado, 2025 sept. 01]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6828>

- [23] Western M, de Souza J, Lock A. Effects of commercially available palmitic and stearic acid supplements on nutrient digestibility and production responses of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* [Internet]. 2020 [cited 2025, Sept. 05]; 103(6):5131-5142. Available from: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17242>
- [24] Zahoor M, Khan A, Xiao J, Dou J, Liu L, Yu Y. Overview of folic acid supplementation alone or in combination with vitamin b12 in dairy cattle during periparturient period. *Metabolites* [Internet]. 2020 [cited 2025, Sept. 05]; 10(6), 263. Available from: <https://doi.org/10.3390/metabo10060263>
- [25] Zhang F, Nan X, Wang H, Zhao Y, Guo, & Xiong B. Effects of propylene glycol on negative energy balance of postpartum dairy cows. *Animals* [Internet]. 2020 [cited 2025, Sept. 05]; 10(9), 1526. Available from: <https://doi.org/10.3390/ani10091526>
- [26] Zhang Z, La S, Zhang G, Du H, Wu Z, Wang C, et al. Diet supplementation of palm fat powder and coated folic acid on performance, energy balance, nutrient digestion, ruminal fermentation, and blood metabolites of early lactation dairy cows. *Animal Feed Science and Technology* [Internet]. 2020 [cited 2025, Sept. 05]; 265: 114520. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114520>
- [27] De Assis Jr, Fernandes G, Nunes D, Dias MR, Balkau CG, Olini LMG, et al. Efeitos da suplementação de cromo no metabolismo e desempenho de vacas leiteiras. *Editora Científica Digital* [Internet]. 2021 [citado, 2025 sept. 01]; 8:108-119. Disponible en: <https://doi.org/10.37885/210404234>
- [28] Kuoppala K, Jaakkola S, Garry B, Ahvenjärvi S, Rinne M. Effects of faba bean, blue lupin and rapeseed meal supplementation on nitrogen digestion and utilization of dairy cows fed grass silage-based diets. *Animal* [Internet]. 2021 [cited 2025, Sept. 05]; 15(7): 100300. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100300>
- [29] Narváez Herrera JP, Riascos Vallejos AR, Cisneros Montenegro JM. Efecto de la suplementación con *Saccharomyces cerevisiae* en la producción y calidad de leche en bovinos del Valle de Sibundoy, Putumayo, Colombia. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* [Internet]. 2021 [citado, 2025 sept. 01]; 32(6): e19977. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i6.19977>

- [30] Rapetti L, Colombini S, Battelli G, Castiglioni B, Turri F, Galassi G, et al. Effect of linseeds and hemp seeds on milk production, energy and nitrogen balance, and methane emissions in the dairy cows. *Animals* [Internet]. 2021 [cited 2025, Sept. 05];11(9):2717. Available from: <https://doi.org/10.3390/ani11092717>
- [31] de Souza J, Prom CM, Lock AL. Altering the ratio of dietary palmitic and oleic acids affects nutrient digestibility, metabolism, and energy balance during the immediate postpartum in dairy cows. *Journal of Dairy Science* [Internet]. 2021 [cited 2025, Sept. 05]; 104(3):2910-2923. Available from: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19312>
- [32] Sycheva L, Yunusova Y, Pastukhov S, Popov A. Nutrients digestibility and productivity of lactating cows consuming energy supplements. *Earth and Environmental Science* [Internet]. 2021 [cited 2025, Sept. 05]; 659. Available from: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/659/1/012056>
- [33] Gerarduzzi Delafini M. Utilização do concentrado para vacas leiteiras: Revisão bibliográfica [Tesis de pregrado, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, Brasil]. 2022 [citado, 2025 sept. 01]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11449/238409>
- [34] Hassen A, Ahmed R, Alam MS, Chavula P, Mohammed S, Dawid A. The effect of feed supplementation on cow milk productivity and quality: a brief study. *International Journal of Agriculture and Veterinary Sciences* [Internet]. 2022 [cited 2025, Sept. 05]; 4(1):13-25. Available from: <https://doi.org/10.34104/ijavs.022.013025>
- [35] Neville E, Fahey A, Meade K, Mulligan F. Effects of calcareous marine algae on milk production, feed intake, energy balance, mineral status, and inflammatory markers in transition dairy cows. *Journal of Dairy Science* [Internet]. 2022 [cited 2025, Sept. 05];105(8):6616-6627. Available from: <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21443>
- [36] Moreno González YM. Influencia de la suplementación con aceite de lino protegido en vacas lecheras sobre la producción de leche. *REICIT* [Internet]. 2022 [citado, 2025 sept. 01];2(1):66-75. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9610385&orden=0&info=link>

- [37] Moretini Dioniso Silva MP. Bicarbonato de sódio na alimentação de vacas leiteiras em lactação: revisão bibliográfica [Tesis de pregrado, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, Brasil] [Internet]. 2022 [citado, 2025 sept. 01]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11449/234524>
- [38] Sharifi M, Taghizadeh A, Hosseinkhani A, Mohammadzadeh H, Palangi V, Macit M, et al. Nitrate supplementation at two forage levels in dairy cows feeding: milk production and composition, fatty acid profiles, blood metabolites, ruminal fermentation, and hydrogen sink. *Annals of Animal Science* [Internet]. 2022 [cited 2025, Sept. 05]; 22(2):711-722. Available from: <https://doi.org/10.2478/aoas-2021-0044>
- [39] Ribeiro Campanha E, Madeiros dos Santos SL, Pereira da Silva VG, De Moura Oliveira LR, Valentim JK, De Almeida AA. Óleos essenciais como suplementação na dieta de vacas leiteiras e a sua influência na composição do leite. *Veterinária e Zootecnia* [Internet]. 2023 [citado, 2025 sept. 01]; 30:1-14. Disponible en: <https://doi.org/10.35172/rvz.2023.v30.1145>
- [40] Huang B, Zahoor M, Kou X, Chen Y, Liang H, Ullah Q, et al. Enhancing metabolism and milk production performance in periparturient dairy cattle through rumen-protected methionine and choline supplementation. *Metabolites* [Internet]. 2023 [cited 2025, Sept. 05]; 13(10),1080. Available from: <https://doi.org/10.3390/metabo13101080>
- [41] Dalgallo D. Efeito de diferentes suplementos na dieta de vacas leiteiras em pastagem temperada [Tesis maestría, Universidade de Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil]; 2024 [citado, 2025 sept. 01]. Disponible en: <https://scholar.google.com/scholar?hl=es&https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/37130>
- [42] Faoro K, Túlio L. Avaliação da gordura e proteína do leite em vacas pós parto, após suplementação com gordura protegida na dieta. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária FAG* [Internet]. 2024 [citado, 2025 sept. 01]; 7(2):114-120. Disponible en: <https://ojsrevistas.fag.edu.br/index.php/ABMVFAG/article/view/2065/1779>
- [43] Sosa Méndez YM, Navas Martinez JC. Revisión sistemática de literatura sobre nutrición y su relación con la eficiencia reproductiva en bovinos [Tesis de pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia, Bucaramanga, Colombia]. 2025 [citado, 2025 sept. 01]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12494/58462>

- [44] Jiang M, Meng Z, Tan D, Cheng Z, Wei Z, Lin M, et al. Sodium propionate supplementation improves the negative energy balance in postpartum dairy cattle through regulation of glycolipid metabolism. *Journal of Integrative Agriculture* [Internet]. 2025 [cited 2025, Sept. 05]. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jia.2025.07.019>
- [45] Zhang M, Li G, Wang D, Wang S, Du H, Lan R, et al. Effects of α -amylase supplementation on production performance, blood metabolites, nutrient digestibility, and rumen fermentation parameters of Holstein dairy cows in late lactation. *Frontiers in Veterinary Science* [Internet]. 2025 [cited 2025, Sept. 05]; 12:1629571. Available from: <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1629571>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Anatomía Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Anatomía Digital**.

