

BIOMARCADORES INFLAMATORIOS COMO HERRAMIENTAS PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DE LA LAMINITIS Y EL DETERIORO DEL BIENESTAR EN BOVINOS DE ENGORDE

INFLAMMATORY BIOMARKERS AS TOOLS FOR EARLY DETECTION OF LAMINITIS AND WELFARE IMPAIRMENT IN BEEF CATTLE

Johanna Lizbeth Polo León ¹

¹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Guayaquil, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6702-542X>

Sandra Parra–Guayasamín ²

² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Guayaquil, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2410-7999>. Correo: sandra.parrag@ug.edu.ec

Dayana Michelle Yépez-Espinosa ³

³ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Guayaquil, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8274-813X>

Iván González-Puetate ^{4*}

⁴ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Fauna, Conservation and Global Health Research Group, Universidad Regional Amazónica IKIAM – Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9930-0617>. Correo: ivan.gonzalezp@ug.edu.ec

* Autor para correspondencia: ivan.gonzalezp@ug.edu.ec

Resumen

La laminitis en bovinos de engorde constituye un problema sanitario y productivo multifactorial estrechamente vinculado a procesos de inflamación sistémica subclínica, particularmente asociados a alteraciones digestivas propias de los sistemas de producción intensiva. En este contexto, el presente estudio analizó la relación entre biomarcadores inflamatorios y laminitis mediante una revisión sistemática de la literatura científica publicada entre 2020 y 2025, siguiendo las directrices PRISMA 2020 y utilizando la base de datos Scopus. Aunque se evidenció una limitada disponibilidad de estudios específicos y metodológicamente robustos, la evidencia disponible permitió identificar que la haptoglobina (Hp) se

comporta como un biomarcador sensible para la detección temprana de inflamación subclínica relacionada con disbiosis ruminal y fermentación posruminal excesiva, reflejadas por descensos del pH ruminal y cecal. En contraste, la proteína amiloide A sérica (SAA) mostró menor capacidad discriminatoria en estados inflamatorios leves, aunque resulta útil en procesos agudos o de mayor severidad. En conjunto, los hallazgos respaldan la importancia de integrar el monitoreo de biomarcadores inflamatorios con parámetros fisiopatológicos digestivos como estrategia preventiva frente al desarrollo de laminitis, lo que permitiría mejorar el bienestar animal, reducir pérdidas productivas y fortalecer la sostenibilidad de los sistemas ganaderos intensivos, especialmente en contextos donde el diagnóstico clínico temprano es limitado.

Palabras clave: biomarcadores inflamatorios; laminitis bovina; nutrición animal

Abstract

Laminitis in feedlot cattle constitutes a multifactorial sanitary and productive problem closely linked to processes of subclinical systemic inflammation, particularly associated with digestive alterations inherent to intensive production systems. In this context, the present study analyzed the relationship between inflammatory biomarkers and laminitis through a systematic review of the scientific literature published between 2020 and 2025, following PRISMA 2020 guidelines and using the Scopus database. Although a limited availability of specific and methodologically robust studies was identified, the available evidence indicates that haptoglobin (Hp) behaves as a sensitive biomarker for the early detection of subclinical inflammation related to ruminal dysbiosis and excessive post-ruminal fermentation, reflected by decreases in ruminal and cecal pH. In contrast, serum amyloid A (SAA) showed lower discriminatory capacity in mild inflammatory states, although it is useful in acute or more severe processes. Overall, the findings support the importance of integrating the monitoring of inflammatory biomarkers with digestive physiopathological parameters as a preventive strategy against the development of laminitis, which would improve animal welfare, reduce productive losses, and strengthen the sustainability of intensive livestock systems, especially in contexts where early clinical diagnosis is limited.

Keywords: animal nutrition; bovine laminitis; inflammatory biomarkers

Fecha de recibido: 23/07/2025

Fecha de aceptado: 15/09/2025

Fecha de publicado: 29/12/2025

Introducción

En medicina veterinaria, los biomarcadores inflamatorios han adquirido relevancia como herramientas clave para la detección temprana de enfermedades en bovinos de engorde, ya que permiten intervenciones oportunas antes de la aparición de signos clínicos evidentes. Su aplicación no solo contribuye a mejorar la productividad, sino que también fortalece el bienestar animal y la sostenibilidad de los sistemas ganaderos intensivos,

constituyéndose en un recurso estratégico para el desarrollo rural sostenible (Bourebaba et al., 2023; Vaccari et al., 2023).

El bienestar animal en grandes especies, particularmente en bovinos y equinos, se reconoce actualmente como un eje fundamental para garantizar sistemas de producción ganadera éticos, eficientes y sostenibles. En este sentido, la evaluación del bienestar ha evolucionado desde un enfoque centrado exclusivamente en la salud física y la productividad hacia un modelo integral que incorpora dimensiones físicas, emocionales y ambientales, sustentado en marcos conceptuales como las Cinco Libertades, los Cinco Dominios y Welfare Quality. Factores como una nutrición adecuada, el acceso permanente a agua limpia, condiciones de alojamiento higiénicas, el manejo sanitario preventivo y la posibilidad de expresar comportamientos naturales son determinantes para mantener la homeostasis fisiológica y reducir la aparición de enfermedades asociadas al estrés productivo (Lapo-Bonilla et al., 2025).

Dentro de este contexto, la laminitis bovina representa una enfermedad inflamatoria multifactorial que compromete de forma significativa la movilidad, el rendimiento productivo y el bienestar de los animales. Su fisiopatología se asocia con la activación de citoquinas proinflamatorias como IL-1 β , IL-6 y TNF- α , responsables de alteraciones vasculares y daño tisular a nivel de la lámina dérmica del casco. En sistemas intensivos, su incidencia se relaciona estrechamente con dietas altamente energéticas, acidosis ruminal y estrés metabólico, condiciones que favorecen la translocación de lipopolisacáridos y la activación de cascadas inflamatorias sistémicas (Choi et al., 2023; Jiang et al., 2023).

El diagnóstico temprano de la laminitis continúa siendo un desafío, especialmente en países como Ecuador, donde las herramientas clínicas preventivas son limitadas. No obstante, el uso de biomarcadores como la haptoglobina, la proteína C-reactiva y el amiloide sérico A permite identificar estados de inflamación subclínica y anticipar alteraciones locomotoras, facilitando la implementación de medidas preventivas basadas en evidencia científica y alineadas con los principios de bienestar animal (Abeyta et al., 2023; Yang et al., 2025).

En este marco, la presente investigación tiene como objetivo analizar la relación entre los biomarcadores inflamatorios y la laminitis en bovinos de engorde, mediante una revisión sistemática de la literatura científica publicada entre 2020 y 2025, con el propósito de aportar evidencia que fortalezca las estrategias preventivas, el bienestar animal y la sostenibilidad de los sistemas de producción ganadera intensiva.

Materiales y métodos

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, documental y descriptivo, mediante una revisión sistemática de la literatura científica, orientada a analizar la relación entre los biomarcadores inflamatorios y la laminitis en bovinos de engorde. El proceso metodológico se llevó a cabo siguiendo las directrices establecidas por PRISMA 2020, con el propósito de identificar, evaluar y sintetizar de manera rigurosa la evidencia disponible sobre los mecanismos inflamatorios e inmunometabólicos asociados a esta patología en sistemas de producción intensiva.

La búsqueda bibliográfica se realizó en la base de datos Scopus (Elsevier) durante el período comprendido entre abril y mayo de 2025, utilizando términos específicos en inglés combinados mediante operadores booleanos. El proceso de selección y clasificación de los estudios se apoyó en la plataforma Rayyan. Se

incluyeron artículos publicados entre 2020 y 2025, escritos en inglés, de carácter experimental, que evaluaran biomarcadores inflamatorios validados en bovinos de engorde, con énfasis en toros. Se excluyeron estudios duplicados, investigaciones fuera del periodo establecido, artículos sin respaldo científico o aquellos que no abordaran directamente la relación entre inflamación sistémica y laminitis.

Una vez eliminados los registros duplicados, los artículos fueron sometidos a un proceso de selección en tres etapas: revisión de títulos, resúmenes y textos completos, realizado por tres revisores independientes. Los estudios que cumplieron con los criterios de elegibilidad fueron incluidos en el análisis cualitativo. La información extraída se organizó en matrices de datos que incluyeron variables como autor, año, tipo de biomarcador, tipo de muestra, principales hallazgos y aplicación diagnóstica, lo que permitió realizar un análisis temático estructurado. Al tratarse de una investigación basada en fuentes secundarias, no se requirió aprobación ética, garantizándose el uso responsable de la información científica y el respeto a los derechos de autor.

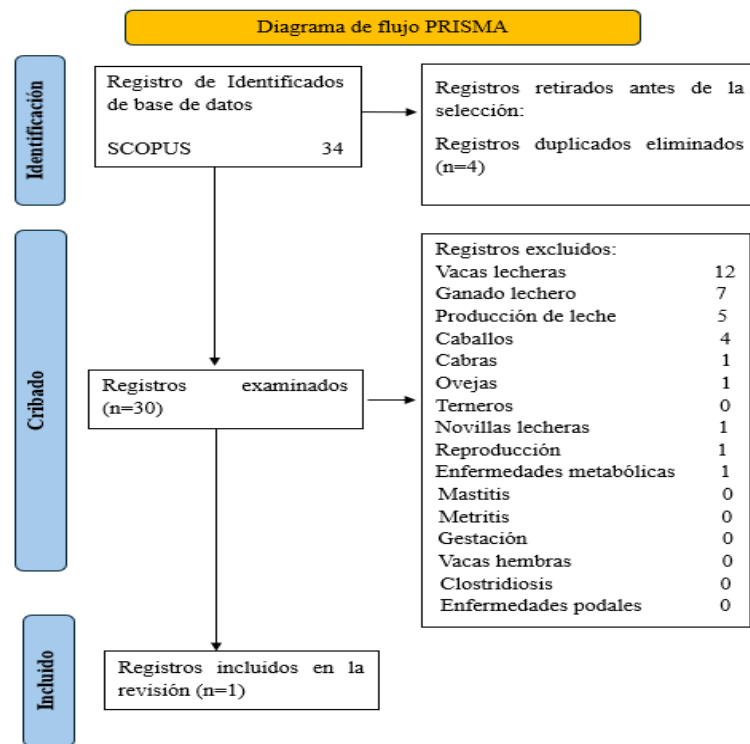


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección de estudios incluidos en la revisión sistemática sobre biomarcadores inflamatorios y laminitis en bovinos de engorde (2020–2025).

En la Figura 1 se presenta el diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección bibliográfica. Se identificaron 34 artículos en SCOPUS; tras eliminar duplicados, se evaluaron 30 registros mediante revisión de año, título, resumen y texto completo. Finalmente, un solo artículo cumplió los criterios de elegibilidad y fue incluido en el estudio.

Resultados y discusión

La relación entre la inflamación sistémica y la laminitis en bovinos está ampliamente documentada; sin embargo, persisten vacíos en su diagnóstico temprano mediante biomarcadores. Este estudio identificó marcadores capaces de alertar sobre inflamación subclínica asociada a lesiones podales en bovinos de engorde. Aunque solo un estudio cumplió los criterios para el análisis cuantitativo, la revisión de 30 artículos permitió una discusión crítica basada en evidencia comparada.

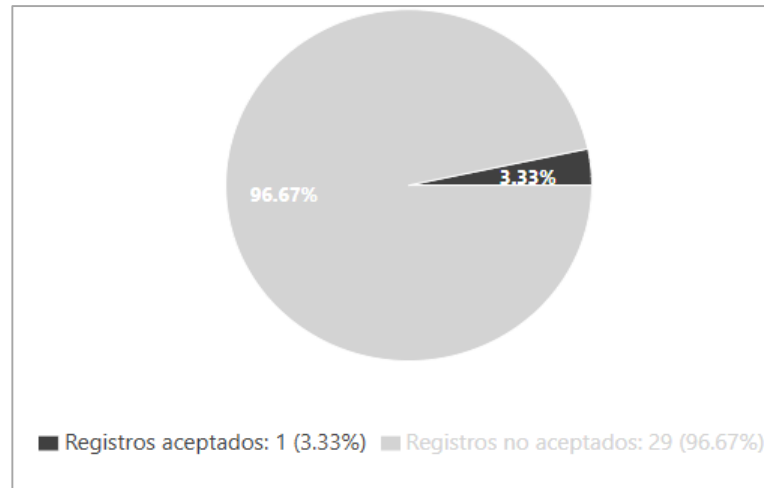


Figura 2. Distribución porcentual de los registros aceptados y no aceptados en la revisión sistemática (SCOPUS, 2020–2025).

La Figura 2 muestra la distribución de los artículos científicos evaluados tras la aplicación de los criterios de elegibilidad. Del total de 30 registros analizados, únicamente 1 artículo (3,33%) cumplió con todos los criterios de inclusión y fue aceptado para el análisis, mientras que 29 registros (96,67%) fueron excluidos. Esta elevada proporción de exclusión refleja la escasez de estudios específicos y metodológicamente rigurosos que aborden de manera directa la relación entre biomarcadores inflamatorios y laminitis en bovinos de engorde durante el período 2020–2025. Asimismo, pone de manifiesto la necesidad de fortalecer la investigación en este campo, particularmente en sistemas de producción intensiva, donde el diagnóstico temprano mediante biomarcadores podría tener un impacto significativo en la prevención de trastornos locomotores y en la mejora del bienestar animal.

Tabla 1. Identificar los Biomarcadores de Inflamación más Relevantes Asociados con la Laminitis;

Especie	Biomarcador	Valores fisiológicos	Valores alterados reportados
Bovino de engorde	Haptoglobina (Hp)	100–300 mg/L	Hasta 490 ± 60 mg/L en dietas con bajo contenido de almidón
Bovino de engorde	Amiloide sérico A (SAA)	≈ 20 mg/L	Sin diferencias significativas entre tratamientos

Fuente: (Yohe et al., 2022)

La Tabla 2 muestra que, en bovinos de engorde, la haptoglobina (Hp) presenta un aumento marcado respecto a sus valores fisiológicos cuando los animales son sometidos a dietas con bajo contenido de almidón, alcanzando concentraciones cercanas a 490 ± 60 mg/L. Este incremento refleja la activación de una respuesta inflamatoria sistémica subclínica, probablemente asociada a alteraciones fermentativas y endotoxemia, lo que posiciona a la Hp como un biomarcador sensible y temprano de riesgo fisiopatológico vinculado al desarrollo de laminitis.

En contraste, la proteína amiloide A sérica (SAA) se mantuvo cercana a su valor fisiológico (≈ 20 mg/L), sin presentar diferencias significativas entre tratamientos. Este comportamiento sugiere que, en condiciones de inflamación leve o subclínica en bovinos de engorde, la SAA puede mostrar una menor capacidad discriminativa, siendo más representativa de procesos inflamatorios agudos o severos. En conjunto, estos resultados indican que la Hp posee mayor utilidad diagnóstica temprana para la detección de inflamación subclínica asociada a laminitis, mientras que la SAA podría complementar el diagnóstico en etapas más avanzadas del proceso inflamatorio.

Los biomarcadores inflamatorios de fase aguda, particularmente la haptoglobina (Hp) y la proteína amiloide A sérica (SAA), han demostrado una utilidad variable según la especie, la edad, el sistema productivo y la intensidad del proceso inflamatorio. En bovinos de engorde, los resultados sugieren que la Hp es un marcador más sensible para detectar inflamación sistémica subclínica, especialmente asociada a desórdenes fermentativos inducidos por la dieta. Elevaciones moderadas de Hp, como las reportadas por Yohe et al. (2022), pueden preceder a la aparición de signos clínicos de laminitis, lo que refuerza su valor preventivo en sistemas intensivos.

En contraste, en vacas lecheras adultas, la respuesta inflamatoria suele ser más pronunciada y multifactorial, asociada no solo a la nutrición, sino también a estados fisiológicos como el parto, enfermedades uterinas, mastitis y acidosis ruminal subaguda. En esta especie, tanto la Hp como la SAA presentan incrementos significativos frente a procesos inflamatorios severos, superando frecuentemente los 740 mg/L para Hp y los 100 mg/L para SAA, valores que se asocian con endotoxemia y riesgo elevado de lesiones laminares. Estos hallazgos coinciden con lo descrito por Fonseca (2024) y Abeyta et al. (2023), quienes destacan que la inflamación sistémica sostenida en vacas lecheras constituye un factor predisponente clave para trastornos locomotores.

En equinos, la fisiopatología de la laminitis presenta particularidades, especialmente en los casos de origen endocrino; sin embargo, la literatura muestra coincidencias relevantes en cuanto al papel de la inflamación sistémica. La SAA emerge como un biomarcador altamente sensible en esta especie, con incrementos marcados incluso en etapas tempranas de procesos infecciosos o digestivos. Valores superiores a 100 mg/L, e incluso cercanos a 485 mg/L, se han asociado con laminitis aguda y procesos inflamatorios severos, lo que confirma su utilidad diagnóstica en escenarios clínicos agudos. La Hp, aunque menos utilizada en equinos, también refleja inflamación sistémica cuando supera los 500 mg/L.

Desde una perspectiva comparada, los resultados indican que la Hp es particularmente útil para la detección temprana de inflamación subclínica en bovinos de engorde, mientras que la SAA adquiere mayor relevancia diagnóstica en procesos inflamatorios agudos o severos, especialmente en vacas lecheras y equinos. Estas diferencias responden a variaciones en la respuesta inmunológica entre especies y a la naturaleza del estímulo

inflamatorio. Por tanto, el uso aislado de un único biomarcador puede resultar insuficiente, siendo recomendable un enfoque integrado que combine biomarcadores bioquímicos con parámetros digestivos, clínicos y de manejo.

En conjunto, la evidencia sugiere que la extrapolación controlada de valores de referencia entre especies es viable, siempre que se consideren las particularidades fisiológicas y productivas de cada una. Este enfoque comparativo fortalece el diseño de protocolos preventivos basados en biomarcadores, orientados a mejorar el bienestar animal, reducir la incidencia de laminitis y optimizar la productividad en sistemas ganaderos intensivos y semi-intensivos.

Tabla 2. Factores fisiopatológicos asociados al desarrollo de laminitis en sistemas de producción animal

Especie	Factor fisiopatológico	Parámetro indicador	Valores fisiológicos	Valores alterados
Bovino de engorde	Disbiosis ruminal	pH ruminal	5,8 – 6,8	< 5,5 (SARA); < 5,0 (acidosis aguda)
Bovino de engorde	Fermentación posruminal excesiva	pH cecal	6,5 – 7,0	< 6,0

La Tabla 2 muestra que las alteraciones digestivas observadas en bovinos de engorde, particularmente la disbiosis ruminal y la fermentación posruminal excesiva, actúan como detonantes fisiopatológicos de la inflamación sistémica, la cual puede ser objetivamente evaluada mediante biomarcadores de fase aguda. Los descensos del pH ruminal por debajo de 5,5 favorecen la liberación de lipopolisacáridos (LPS) y otros metabolitos proinflamatorios, lo que induce la activación de la respuesta inmune innata y se refleja en el incremento de biomarcadores como la haptoglobina (Hp) y la proteína amiloide A sérica (SAA).

De manera complementaria, la reducción del pH cecal por debajo de 6,0 indica un desequilibrio fermentativo posruminal con potencial endotoxémico, capaz de amplificar la respuesta inflamatoria sistémica (Yohe et al., 2022; Barbosa, 2023). En este contexto, elevaciones subclínicas de haptoglobina (Hp) y proteína amiloide A sérica (SAA) pueden preceder a la aparición de signos locomotores evidentes, constituyéndose en indicadores tempranos de riesgo de laminitis (Abeyta et al., 2023; Jiang et al., 2023). En conjunto, estos hallazgos resaltan que la integración de parámetros digestivos con la evaluación de biomarcadores inflamatorios permite una detección precoz y objetiva de procesos inflamatorios asociados al desarrollo de laminitis, favoreciendo la implementación de estrategias preventivas en sistemas de producción intensiva.

La evidencia analizada confirma que la laminitis en sistemas de producción animal es el resultado de una interacción compleja entre alteraciones digestivas, inflamación sistémica y disfunción vascular laminar, en la cual los biomarcadores de fase aguda desempeñan un papel central como herramientas de detección temprana (Choi et al., 2023; Bourebaba et al., 2023). En bovinos de engorde, la disbiosis ruminal y la fermentación posruminal excesiva, reflejadas por descensos del pH ruminal (<5,5) y cecal (<6,0), favorecen la liberación de lipopolisacáridos y otros metabolitos proinflamatorios que activan la respuesta inmune innata (Yohe et al., 2022; Jiang et al., 2023). Este proceso se traduce en incrementos subclínicos de biomarcadores como la Hp y, en menor medida, la SAA, los cuales preceden a la manifestación clínica de claudicación y lesiones podales (Abeyta et al., 2023).

Desde una perspectiva comparativa, la respuesta inflamatoria observada en bovinos de engorde difiere en intensidad respecto a la descrita en vacas lecheras adultas, donde los procesos inflamatorios suelen ser más marcados y multifactoriales, especialmente durante el período de parto. En esta categoría productiva, elevaciones significativas de Hp y SAA se asocian con endotoxemia, acidosis ruminal subaguda y un mayor riesgo de laminitis clínica, lo que refuerza el valor diagnóstico de estos biomarcadores en estados inflamatorios más severos (Fonseca, 2024; Abeyta et al., 2023). En equinos, aunque la fisiopatología de la laminitis presenta particularidades endocrinas y digestivas, la literatura coincide en que la SAA constituye un marcador altamente sensible de inflamación aguda, mientras que la Hp refleja procesos inflamatorios sistémicos sostenidos (Barbosa, 2023; Bourebaba et al., 2023).

Estos hallazgos respaldan que la integración del monitoreo de biomarcadores inflamatorios (Hp, SAA) con parámetros fisiopatológicos digestivos (pH ruminal y cecal) permite una aproximación diagnóstica más completa y temprana frente a la laminitis. Este enfoque integrador resulta especialmente relevante en sistemas intensivos, donde la identificación precoz de inflamación subclínica posibilita la implementación de estrategias preventivas de manejo nutricional y sanitario, orientadas a reducir la incidencia de trastornos locomotores, mejorar el bienestar animal y optimizar el desempeño productivo (Vaccari et al., 2023; Lapo-Bonilla et al., 2025).

Conclusiones

La presente revisión sistemática confirma que la laminitis en bovinos de engorde es una condición multifactorial estrechamente vinculada a procesos de inflamación sistémica subclínica, originados principalmente por alteraciones digestivas asociadas a sistemas de producción intensiva. La evidencia analizada demuestra que los biomarcadores de fase aguda, especialmente la haptoglobina (Hp), constituyen herramientas sensibles y tempranas para la detección de estados inflamatorios previos a la manifestación clínica de lesiones podales, mientras que la proteína amiloide A sérica (SAA) presenta mayor utilidad en escenarios inflamatorios agudos o de mayor severidad.

Asimismo, se establece que la integración del monitoreo de biomarcadores inflamatorios con parámetros fisiopatológicos digestivos, como el pH ruminal y cecal, permite una aproximación diagnóstica más completa y objetiva frente al riesgo de laminitis. Este enfoque resulta particularmente relevante en contextos productivos donde el diagnóstico clínico temprano es limitado, como ocurre en muchos sistemas ganaderos de América Latina.

Los hallazgos de esta investigación respaldan la necesidad de incorporar el uso de biomarcadores inflamatorios dentro de protocolos preventivos de manejo nutricional y sanitario, orientados a reducir la incidencia de laminitis, mejorar el bienestar animal y optimizar la eficiencia productiva. Se evidencia la urgencia de fortalecer la investigación experimental en bovinos de engorde, con el fin de estandarizar valores de referencia y validar el uso rutinario de estos biomarcadores en condiciones de campo.

Referencias

Abeyta, M. A., Goetz, B. M., Mayorga, E. J., Rodriguez-Jimenez, S., Opgenorth, J., Freestone, A. D., Lourenco, J. M., Callaway, T. R., & Baumgard, L. H. (2023). Effects of abomasally infused rumen

- fluid from corn-challenged donor cows on production, metabolism, and inflammatory biomarkers in healthy recipient cows. *Journal of Dairy Science*, 106(6), 4336–4352. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22809>
- Arroyo, L. (2021). *Estudio neurofisiológico del estrés y el enriquecimiento* (Tesis doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona. <https://www.tdx.cat/handle/10803/458133>
- Barbosa, A. (2023). Laminitis en caballos. *Research, Society and Development*, 13(12), e71131247520. <https://doi.org/10.33448/rsd-v13i12.47520>
- Bourebaba, L., Serwotka-Suszczak, A., Pielok, A., Sikora, M., Mularczyk, M., & Marycz, K. (2023). The PTP1B inhibitor MSI-1436 ameliorates liver insulin sensitivity by modulating autophagy, ER stress and systemic inflammation in equine metabolic syndrome affected horses. *Frontiers in Endocrinology*, 14, 1149610. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1149610>
- Choi, Y., Lee, S. J., Kim, H. S., Eom, J. S., Jo, S. U., Guan, L. L., Seo, J., Park, T., Lee, Y., & Lee, S. S. (2023). Oral administration of *Pinus koraiensis* cone essential oil reduces rumen methane emission by altering the rumen microbial composition and functions in Korean native goats. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1168237. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1168237>
- Fonseca, A. (2024). *Amiloide sérico A en sangre de vacas lecheras con mastitis clínica experimentalmente inducida* (Tesis de maestría). Universidad Austral de Chile. <http://cybertesis.uach.cl/>
- Jiang, Y., Chapman, J. D., Humphrey, B., & Garcia, M. (2023). Effects of OmniGen® PRO on ruminal fermentation, stress, and inflammation of Holstein cattle induced with subacute ruminal acidosis. *Frontiers in Animal Science*, 4, 1202609. <https://doi.org/10.3389/fanim.2023.1202609>
- Kemp, K. L., Skinner, J. E., & Bertin, F. R. (2024). Effect of phenylbutazone on insulin secretion in horses with insulin dysregulation. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 38(2), 1177–1184. <https://doi.org/10.1111/jvim.17013>
- Lapo-Bonilla, A. ., Amón-Loor, N. ., Fajardo Desiderio, L. ., & González-Puetate, I. . (2025). Bienestar animal en grandes especies: un enfoque integral para la productividad y sostenibilidad ganadera en el siglo XXI . *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 7(3), 417–423. <https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v7i3.1513>
- Vaccari, J., Ramos, T. N. M., Júnior, E. G. J., Chaves-Neto, A. H., Borsanelli, A. C., Saraiva, J. R., Schweitzer, C. M., & Dos Santos Dutra, I. (2023). Gingivitis in calves: Longitudinal hematological and metabolic profiles and salivary buffering capacity. *Ciencia Rural*, 53(12), e20230475. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20240475>
- Yang, F., Henniger, M. T., Izzo, A. S., Melchior, E. A., Clemmons, B. A., Oliver, M. A., Mulon, P. Y., Anderson, D. E., & Myer, P. R. (2025). Performance improvements and increased ruminal microbial interactions in Angus heifers via supplementation with native rumen bacteria during high-grain challenge. *Scientific Reports*, 15(1), 2289. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-86331-1>

Yohe, T. T., Dennis, T. S., Villot, C., Quigley, J. D., Hill, T. M., Suarez-Mena, F. X., Aragona, K. M., Pineda, A., Laarman, A. H., Costa, J. H. C., & Steele, M. A. (2022). Effects of milk replacer allowances and levels of starch in pelleted starter on nutrient digestibility, whole gastrointestinal tract fermentation, and pH around weaning. *Journal of Dairy Science*, 105(8), 6710–6723. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-21982>