

## Uso de probióticos en la optimización de la fermentación ruminal

### Use of probiotics in the optimization of ruminal fermentation

### Utilização de probióticos na otimização da fermentação ruminal

Triviño Chávez Alisson Melissa<sup>1</sup>  
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López  
[alisson.trivino.41@espam.edu.ec](mailto:alisson.trivino.41@espam.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0004-4312-0106>



Mendieta Chica Heberto Derlys<sup>2</sup>  
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López  
[dmendieta@espam.edu.ec](mailto:dmendieta@espam.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0009-2136-566X>



 DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v7/n1/1544>

#### **Como citar:**

Triviño, Chávez A, M. & Mendieta, Chica H, D. (2026). *Uso de probióticos en la optimización de la fermentación ruminal*. *Código Científico Revista de Investigación*, 7(1), 1387-1414.

**Recibido:** 28/05/2026

**Aceptado:** 25/06/2026

**Publicado:** 30/06/2026

## Resumen

La fermentación ruminal es esencial para la nutrición y productividad bovina, ya que transforma los componentes fibrosos de la dieta en compuestos energéticos indispensables. No obstante, este proceso también genera metano, un gas de efecto invernadero asociado al cambio climático. Ante esta problemática, los probióticos se proponen como una alternativa nutricional capaz de optimizar la fermentación ruminal y promover sistemas productivos más sostenibles. El objetivo de esta revisión fue analizar los beneficios de los probióticos en bovinos lecheros y su contribución a la reducción de emisiones de metano. La investigación tuvo un enfoque cualitativo, diseño no experimental y alcance descriptivo. Se aplicó el método analítico sintético mediante revisión documental de artículos científicos, revisiones sistemáticas y metaanálisis. Los resultados evidenciaron que *Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus* spp. y *Enterococcus* spp. mejoran la estabilidad ruminal, favorecen la digestibilidad, incrementan los ácidos grasos volátiles y disminuyen las emisiones de metano. Se concluye que representan una estrategia prometedora, cuya efectividad depende de la cepa, dosis y manejo. Asimismo, su incorporación puede contribuir al bienestar animal y a una mayor eficiencia alimenticia, aunque se requieren más estudios para establecer protocolos específicos y evaluar sus efectos bajo diferentes condiciones productivas y ambientales en sistemas ganaderos diversos.

**Palabras clave:** Probióticos, Microbiota ruminal, metanogénesis, emisiones entéricas, ácidos grasos volátiles.

## Abstract

Rumen fermentation is essential for bovine nutrition and productivity, as it transforms the fibrous components of the diet into indispensable energy compounds. However, this process also generates methane, a greenhouse gas associated with climate change. Given this problem, probiotics are proposed as a nutritional alternative capable of optimizing rumen fermentation and promoting more sustainable production systems. The objective of this review was to analyze the benefits of probiotics in dairy cattle and their contribution to reducing methane emissions. The research had a qualitative approach, a non-experimental design and a descriptive scope. The analytical synthetic method was applied through a literature review of scientific articles, systematic reviews, and metaanalyses. The results showed that *Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus* spp., and *Enterococcus* spp. improve rumen stability, promote digestibility, increase volatile fatty acids, and decrease methane emissions. It is concluded that they represent a promising strategy, the effectiveness of which depends on the strain, dosage, and management. Furthermore, their incorporation can contribute to animal welfare and greater feed efficiency, although further studies are needed to establish specific protocols and evaluate their effects under different production and environmental conditions in diverse livestock systems.

**Keywords:** Probiotics, Rumen microbiota, Methanogenesis, Enteric emissions, Volatile fatty acids.

## Resumo

A fermentação ruminal é essencial para a nutrição e produtividade bovina, pois transforma os componentes fibrosos da dieta em compostos energéticos indispensáveis. No entanto, esse processo também gera metano, um gás de efeito estufa associado às mudanças climáticas. Diante desse problema, os probióticos são propostos como uma alternativa nutricional capaz de otimizar a fermentação ruminal e promover sistemas de produção mais sustentáveis. O objetivo desta revisão foi analisar os benefícios dos probióticos em bovinos leiteiros e sua contribuição para a redução das emissões de metano. A pesquisa teve uma abordagem qualitativa, delineamento não experimental e escopo descritivo. O método analítico sintético foi aplicado por meio de revisão da literatura científica, revisões sistemáticas e meta análises. Os resultados mostraram que *Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus* spp. e *Enterococcus* spp. melhoram a estabilidade ruminal, promovem a digestibilidade, aumentam os ácidos graxos voláteis e diminuem as emissões de metano. Conclui-se que representam uma estratégia promissora, cuja eficácia depende da cepa, da dosagem e do manejo. Além disso, a sua incorporação pode contribuir para o bemestar animal e para uma maior eficiência alimentar, embora sejam necessários mais estudos para estabelecer protocolos específicos e avaliar os seus efeitos em diferentes condições de produção e ambientais em diversos sistemas pecuários.

**Palavras chave:** Probióticos, microbiota ruminal, metanogênese, emissões entéricas, ácidos graxos voláteis.

## Introducción

La fermentación ruminal es un proceso biológico fundamental en los rumiantes, mediado por una compleja comunidad microbiana integrada por bacterias, protozoos y hongos que, en simbiosis con el hospedador, degradan los nutrientes estructurales de la dieta, transformándolos en ácidos grasos volátiles (AGV), gases y biomasa microbiana, que constituyen la principal fuente de energía para el animal; sin embargo, este proceso fermentativo no es completamente eficiente, ya que parte de la energía se pierde en forma de metano (CH<sub>4</sub>), un gas de efecto invernadero con importantes implicaciones ambientales (Jark *et al.*, 2015).

Conforme a McCann, *et al.* (2014) los AGV son absorbidos a través del epitelio ruminal y constituyen la principal fuente energética, mientras que la proteína microbiana, digerida en el intestino delgado, aporta aminoácidos esenciales para el metabolismo animal; la urea producida endógenamente en el hígado o incorporada mediante la dieta no constituye un mero producto

de excreción del metabolismo nitrogenado, sino que representa una fuente estratégica de nitrógeno no proteico (NNP) para la microbiota ruminal. Este compuesto puede ser reciclado al rumen vía saliva o difusión a través de la pared ruminal, donde es hidrolizado por la ureasa microbiana en amoníaco, el cual es aprovechado por los microorganismos para la síntesis de proteína microbiana (Hailemariam *et al.*, 2021).

Sin embargo, la actividad microbiana ruminal puede verse alterada por desequilibrios en la microbiota y cambios en el ambiente ruminal, que provocan trastornos entre ellos: acidosis, timpanismo e indigestión simple; estas condiciones afectan el pH ruminal, disminuyen la motilidad del reticulorumen y comprometen las poblaciones microbianas beneficiosas, con consecuencias negativas sobre la eficiencia digestiva y la absorción de nutrientes, también factores como cambios bruscos en la dieta, la ingesta de forrajes poco digestibles y el uso inapropiado de antimicrobianos agravan este escenario, que repercute en la salud animal, la producción y la rentabilidad de los sistemas ganaderos (Kinde & Asfaw, 2021).

Además, las emisiones entéricas de metano constituyen una fuente significativa de gases de efecto invernadero en la producción bovina, dado que este gas posee un potencial de calentamiento global más de 21 veces superior al del dióxido de carbono. Durante la fermentación anaerobia, los microorganismos metanógenos generan metano como subproducto, proceso que representa un desafío ambiental y una pérdida energética que podría destinarse a mejorar la productividad animal; ante la creciente demanda global de carne, se intensifica la búsqueda de estrategias que optimicen la fermentación ruminal y reduzcan la metanogénesis en bovinos (Tseten *et al.*, 2022).

Los probióticos han emergido como una alternativa eficaz para modular la microbiota ruminal, disminuir la actividad metanogénica y favorecer una mayor eficiencia en el aprovechamiento de nutrientes. Según su origen, los probióticos se clasifican en alóctonos y autóctonos; entre los primeros, *Saccharomyces cerevisiae* es una de las especies más estudiadas

por sus efectos beneficiosos sobre la fermentación ruminal, mientras que los autóctonos suelen ser cepas aisladas del tracto gastrointestinal de los propios animales (FAO, 2016; Newbold, 1995; Kenney *et al.*, 2015).

El uso de probióticos en rumiantes ha demostrado beneficios significativos en la salud y productividad animal, que reportan mejoras en el microbiota intestinal, reducción de la morbilidad y mortalidad, con aumento en la producción de leche. Estos microorganismos ejercen sus efectos mediante la colonización competitiva, la producción de compuestos antimicrobianos (bacteriocinas y ácidos orgánicos) y el fortalecimiento de la barrera intestinal. También estimulan la respuesta inmunológica, incrementan la actividad de macrófagos, y la producción de inmunoglobulinas. Aunque solo una fracción sobrevive al tránsito intestinal, su impacto positivo es evidente, consolidándolos como una herramienta clave en la nutrición animal sostenible (Saha *et al.*, 2023).

Asimismo, los probióticos cuando se administran en cantidades adecuadas, confieren un beneficio para la salud del huésped, pueden regular el equilibrio de los microbios intestinales, promover el crecimiento y el desarrollo de los animales y mejorar la resistencia del huésped a las enfermedades (Xu *et al.*, 2017). En la producción animal, los probióticos más empleados pertenecen al grupo de aditivos zootécnicos, que incluyen mejoradores de flora intestinal, promotores de crecimiento no microbiano y aditivos microbianos, los cuales favorecen el funcionamiento óptimo del tracto digestivo y aumentan la eficiencia en la utilización del alimento, reflejándose en una mayor producción de leche y ganancia de peso (Lara y Cardona, 2013).

Es relevante señalar que el mecanismo de acción de los probióticos difiere entre prerumiantes y rumiantes adultos, y en estos últimos es fundamental en el incremento de microbiota saprófita gastrointestinal, la competencia con microorganismos patógenos y la producción de compuestos antimicrobianos, como ácidos orgánicos (ej. ácido láctico); estas

funciones contribuyen a regular el pH ruminal, inhibir patógenos y reducir la desconjugación de sales biliares (Carro *et al.*, 2014).

La familia *Succinivibrionaceae* consiste en gammaproteobacteria, que son especies gramnegativas, estrictamente anaeróbicas, no formadoras de esporas, e incluye principalmente miembros habitantes de rumiantes del género *Succinivibrio dextrinosolvens* es una especie bien estudiada. El *S. dextrinosolvens* aisladas previamente eran móviles en movimientos vibratorios y aparecían solas o en pares; sin embargo, algunas cepas aisladas comúnmente forman filamentos helicoidales o retorcidos de dos a cuatro bobinas celulares. Estudios de Indugu *et al.* (2017) y Xue *et al.* (2018) revelaron los linajes de *Succinivibrionaceae* eran abundantes en vacas primíparas y multíparas de alto rendimiento y que su presencia se correlacionaba positivamente con el rendimiento de la leche y la composición de la grasa de la leche (Hailemariam *et al.*, 2020).

La suplementación con (Direct-Fed Microbials, microbianos administrados directamente) DFM basados en *Bacillus* evidencia efectos positivos en el desempeño productivo de las vacas lecheras, observándose un incremento en la producción de leche así como en la síntesis de lactosa y sólidos totales, lo que se tradujo en una mayor eficiencia productiva, además se registró una tendencia al aumento en la producción de proteína y en la eficiencia de la leche corregida por energía, mientras que desde el punto de vista metabólico las vacas que recibieron este suplemento presentaron mayores concentraciones del factor de crecimiento similar a la insulina tipo I (IGF-I), lo cual sugiere una mejora en su estado fisiológico (Cappelozza *et al.*, 2024).

Finalmente, tras la prohibición del uso de antibióticos como estimulantes del crecimiento en la Unión Europea en 2006, se intensificaron las investigaciones orientadas a optimizar la eficiencia productiva mediante la modificación de la fermentación ruminal con

alternativas naturales, entre los que destacan ácidos orgánicos, probióticos, extractos de plantas y enzimas (Saro *et al.*, 2017).

Gracias al impacto que ha generado el empleo de probióticos en la alimentación de rumiantes; tal como aducen los autores Prado-Carpio, E. C., et al. (2025), quienes emiten la siguiente reflexión, “Un objetivo bien formulado debe ser específico, alcanzable y alineado con el nivel de profundidad exigido por el tipo de producción académica...” esta investigación de revisión analiza los beneficios de la uso de probióticos en la optimización de la fermentación ruminal como alternativa de mejora nutricional en bovinos de aptitud lechera y contribución a favor del medio ambiente; específicamente, examinar el efecto del uso de probióticos con respecto a la producción de niveles adecuados de ácidos grasos volátiles, e indagar la influencia de la utilización de probióticos en la metanogénesis del rumen. Ante este contexto, se plantea que el uso de probióticos optimiza la fermentación y origina un balance adecuado en la producción de ácidos grasos volátiles ruminales con disminución concomitante de producción de metano, que se traduce en reducción del impacto ambiental.

¿Cuál es el efecto de la suplementación con probióticos sobre la fermentación ruminal y la producción de ácidos grasos volátiles en bovinos de aptitud lechera?

¿Cómo influye el uso de probióticos en la metanogénesis ruminal y en la reducción del impacto ambiental asociado a la producción bovina?

## **Metodología**

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, debido a que se fundamentó en la recopilación, análisis, interpretación y síntesis de información científica proveniente de artículos académicos, revisiones sistemáticas, metaanálisis y documentos especializados relacionados con el uso de probióticos en la fermentación ruminal de bovinos. Este enfoque permitió comprender y explicar los hallazgos reportados por diferentes autores

respecto a la influencia de los probióticos a la influencia de los probióticos sobre la producción de ácidos grasos volátiles, la eficiencia fermentativa y la reducción de las emisiones de metano.

El estudio presentó un alcance descriptivo, en vista que, se orientó a recopilar, organizar y describir la evidencia científica disponible acerca de los beneficios de los probióticos en bovinos de aptitud lechera. Asimismo, incorporó elementos de alcance explicativo, debido a que analizó los mecanismos mediante los cuales los probióticos modifican la microbiota ruminal, favorecen la producción de ácidos grasos volátiles y contribuyen a la disminución de la metanogénesis.

Se empleó el método analítico sintético, el método analítico permitió examinar de manera individual los resultados reportados en las diferentes investigaciones seleccionadas, mientras que el método sintético facilitó la integración de la información para generar conclusiones generales sobre el efecto de los probióticos en la fermentación ruminal y su contribución a la sostenibilidad de la producción bovina.

El diseño fue no experimental, debido a que no se manipularon variables ni se realizaron pruebas de campo o laboratorio. por lo que se utilizó un diseño de corte transversal porque se basó exclusivamente en la revisión y análisis de información científica previamente publicada por otros autores en los últimos diez años a fin de obtener una descripción actual en correspondencia con el tema.

La técnica utilizada fue la revisión documental o bibliográfica, mediante la búsqueda, selección y análisis de literatura científica obtenida de bases de datos académicas, revistas indexadas y publicaciones especializadas relacionadas con nutrición animal, microbiología ruminal y uso de probióticos en rumiantes.

Como instrumentos de recolección de información se emplearon matrices de revisión bibliográfica y tablas de sistematización de datos, en la cuales se registraron aspectos como autores, año de publicación, tipo de estudio, especie evaluada, probiótico utilizado, variables

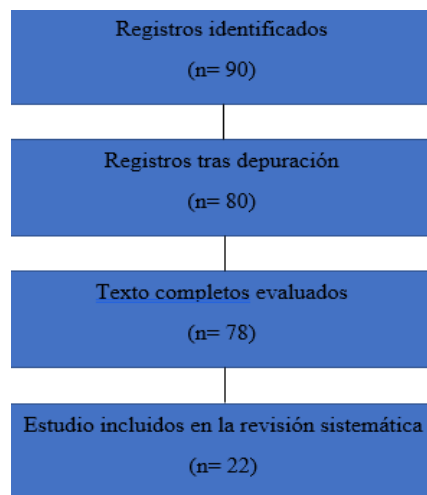
analizadas y principales resultados obtenidos. Adicionalmente, se consideró el registro de las referencias bibliográficas seleccionadas para el análisis documental.

Debido a la naturaleza documental y de revisión de la presente investigación, no se aplicó estadística descriptiva ni inferencial propia de estudios experimentales. El análisis se realizó mediante la comparación, interpretación y síntesis de los resultados reportados en las fuentes científicas consultadas, permitiendo identificar tendencias, coincidencias y diferencias entre los estudios revisados.

A continuación, se presenta el esquema correspondiente, el cual ilustra de manera ordenada el proceso de identificación, selección y análisis de los estudios incluidos en la revisión.

**Figura 1**

*Diagrama del modelo de Prisma*



**Nota:** resumen de proceso de selección y filtración de los estudios incluidos en la revisión.

**Fuente:** Elaboración propia

### **Criterios de inclusión**

La presente revisión consideró únicamente estudios que garantizaron la relevancia y la validez científica de la información recopilada. Se incluyeron investigaciones originales, revisiones sistemáticas y metaanálisis publicados entre 2014 y 2024, en idiomas inglés, portugués y español, que contaron con acceso completo, cumplieron con estándares

metodológicos rigurosos y contuvieron información referente al uso de probióticos en bovinos con el fin de mejorar la fermentación ruminal y su impacto en la producción de metano.

### **Criterios de exclusión**

No se consideraron trabajos que no aportaron información específica sobre la influencia de los probióticos en la optimización de la fermentación ruminal en bovinos y en la producción de metano, publicaciones que no provinieron de revistas indexadas en bases de datos reconocidas, artículos que presentaron información incompleta, estudios que no estuvieron redactados en inglés, portugués o español, ni aquellos que no utilizaron metodologías rigurosas.

La recopilación y el análisis crítico de la literatura se realizaron mediante matrices comparativas que permitieron evaluar transversalmente las diferentes intervenciones y resultados reportados, con el objetivo de determinar la eficacia de los probióticos en la modulación de la microbiota ruminal, la mejora de la eficiencia fermentativa con una producción equilibrada de ácidos grasos volátiles, el aprovechamiento de nutrientes y la generación de metano, a fin de consolidar una base científica sólida para su aplicación en sistemas de producción bovina orientados a incrementar la productividad, el bienestar animal y la sostenibilidad ambiental.

## **Resultados**

### *Microbiota ruminal*

El rumen se describe como una cámara de fermentación anaerobia y metanogénica, en la cual habita una amplia comunidad de microorganismos capaces de aprovechar y transformar alimentos ricos en fibra, como la paja, el heno, el ensilado y el pasto, incrementando así su valor nutricional para el animal (Matthews et al., 2019). Se estima que en el tracto gastrointestinal de los rumiantes residen más de 5 000 especies microbianas (Monteverde et al., 2017), conformando una de las comunidades más diversas de bacterias anaerobias, hongos, arqueas,

protozoos y virus (O'Hara et al., 2020). Esta diversidad microbiana resulta fundamental para la fisiología del rumiante, ya que el microbioma intestinal contribuye aproximadamente al 70 % de sus requerimientos energéticos diarios (Al-Shawi et al., 2020).

Esta comunidad microbiana anaerobia que habita en el rumen transforma los forrajes ricos en celulosa en ácidos grasos volátiles de cadena corta y proteína microbiana, los cuales son aprovechados por el rumiante para la producción de leche, carne y fibra (Badhan et al., 2025). Estos microorganismos se distribuyen en tres microambientes interrelacionados dentro del rumen: la fase líquida, que representa aproximadamente el 25 % de la biomasa microbiana; la fase sólida, donde se concentra cerca del 70 %; y las células epiteliales del rumen junto con los protozoos asociados, que conforman alrededor del 5 % restante (Matthews et al., 2019).

Dentro del microbiota ruminal se identifican los siguientes microorganismos como: *Fibrobacter succinogenes* y *Ruminococcus flavefaciens* desempeñan un papel clave en la degradación de la fibra, mientras que *Prevotella ruminicola*, *Eubacterium ruminantium*, *Anaerovibrio lipolytica* y *Streptococcus bovis* participan principalmente en la utilización de componentes no fibrosos (Gharechahi et al., 2023). Asimismo, entre los protozoos y hongos predominan *Entodinium* spp. y *Aspergillus* spp., respectivamente, mientras que *Fibrobacter* spp. destaca dentro del grupo bacteriano (Rebelo da Silva et al., 2024). De forma general, los géneros encontrados asociados al aprovechamiento de componentes fibrosos incluyen *Prevotella*, *Succinimonas*, *Rikenellaceae*, *Succinivibrionaceae*, *Lactobacillus*, *Escherichia-Shigella*, *Saccharofermentans*, *Christensenellaceae* y *Ruminococcaceae*, los cuales participan activamente en los procesos de fermentación ruminal (Jia et al., 2024).

#### *Probióticos utilizados en rumiantes de aptitud lechera para la optimización de la fermentación ruminal*

A partir de la información presentada en la tabla 1, se evidencia que la suplementación con probióticos en rumiantes de aptitud lechera ha sido ampliamente estudiada como una

estrategia para optimizar la fermentación ruminal y mejorar el desempeño productivo, particularmente la producción y calidad de la leche. En general, los resultados reportados muestran una tendencia mayoritariamente positiva, aunque con algunas variaciones asociadas al tipo de microorganismo utilizado, el diseño experimental y la especie o categoría animal evaluada.

**Tabla 1.**  
Estudios sobre el uso de probióticos y su efecto en la fermentación ruminal y la producción de leche en rumiantes

Autores	País	Tipo de artículo	Tipo de animal evaluados	Cepa utilizada	Resultados principales
Elghandour et al., 2020	México	Revisión	Rumiantes	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (10 <sup>8</sup> –10 <sup>9</sup> UFC/g dieta) <i>Bacillus subtilis</i> ; <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ;	Mejora fermentación ruminal y eficiencia nutricional (no especifica cifras)
Ma et al., 2020	China	Experimental	Cabras lecheras	<i>Enterococcus faecalis</i> (10 <sup>9</sup> UFC/día)	Incremento producción y composición de leche 2 %–15 %
El Jeni et al., 2024	Estados Unidos	Revisión	Vacas lecheras	Varios probióticos (No reportado)	Rol de probióticos en producción lechera 3 % y el 10 %
Nalla et al., 2022	India	Revisión	Vacas lecheras	No especifica (No reportado)	Mejora la eficiencia productiva (5 % y 20 %)
Olchoway et al., 2019	Estados Unidos	Experimental	Vacas lecheras	Probiótico comercial (5–10 g/animal/día)	Mejora la calidad de la leche al reducir células somáticas 10 %–25 %
Sun et al., 2021	China	Experimental	Vacas alta producción	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (10 g/vaca/día)	Mejora fermentación ruminal y el metabolismo sanguíneo 6 % a 12 %
Tesfaye y Hailu, 2019	Etiopía	Experimental	Vacas lecheras	No especifica (10–20 g/día)	Aumento producción y mejora composición de leche 10 % a 18 %
Xu et al., 2017	China	Experimental	Vacas lecheras	No especifica (10 <sup>9</sup> –10 <sup>10</sup> UFC/día)	Mejora producción de leche y microbiota fecal 8 % a 14 %
Autores	País	Tipo de artículo	Tipo de animal evaluados	Cepa utilizada	Resultados principales
Zhang et al., 2017	China	Experimental	Vacas / terneros	<i>Lactobacillus plantarum</i> ; <i>Lactobacillus casei</i> ; <i>Bacillus subtilis</i> (10 <sup>9</sup> UFC)	Incremento de ácidos grasos volátiles y mejora de la fermentación ruminal 8 % a 15 %
McAllister et al., 2011	Canadá	Revisión	Vacas lecheras	Microbios administrados directamente (10 <sup>6</sup> –10 <sup>9</sup> UFC/g)	Incrementa la ganancia de peso 5 % a 12 % y disminución de bacterias <i>E. coli</i> y <i>Salmonella</i> 10 % a 30 %
Chiquette et al., 2015	Canadá	Experimental	Vacas lecheras	<i>Enterococcus faecium</i> ; <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ; <i>Lactococcus lactis</i> (10 <sup>9</sup> UFC/día)	Reduce la SARA, estabiliza el pH ruminal (0.2–0.5) y mejora la fermentación 10 %–20 % del tiempo en acidosis

Derakhshani et al., 2017	Canadá	Experimental	Vacas lecheras	<i>Prevotella;</i> <i>Lactobacillus;</i> <i>Clostridium;</i> <i>Coprococcus;</i> <i>Oscillospira;</i> <i>Lachnospiraceae;</i> <i>Coriobacteriaceae</i>	Cambios en microbiota ruminal 10 %–30 % asociados a la transición y producción lechera.
Sánchez et al., 2015	Cuba	Experimental	Vacas Holstein × Cebú	Sorbifauna® (10–15 g/día)	Incremento leve en producción 19 %–22 % sin cambios significativos en calidad de la leche.
Anee et al., 2021	Bangladesh	Revisión cuantitativa	Rumiantes	Levaduras activas ( <i>Saccharomyces spp.</i> )( $10^7$ – $10^9$ UFC/g)	Mejora productiva y digestiva 7 %–9 % con aumento de leche (hasta 2.3 L/día)

Nota, Papel de los probióticos en el equilibrio de los ácidos grasos volátiles ruminales y la mitigación de emisiones de metano.

En la Tabla 2, se observa un consenso creciente en la literatura científica respecto al papel de los probióticos como una herramienta nutricional prometedora para modular la fermentación ruminal y reducir las emisiones de metano, sin comprometer el rendimiento productivo de los rumiantes. Los metaanálisis aportan una visión integradora sobre la efectividad de esta estrategia. En este sentido, Ncho et al. (2024) demostraron que la suplementación con levaduras y bacterias en bovinos permite reducir significativamente la producción de metano, siendo este efecto dependiente tanto de la dosis como de la duración del tratamiento. De manera similar, Darabighane et al. (2019) reportaron que el uso de *Saccharomyces cerevisiae* en ganado lechero no solo disminuye las emisiones de CH<sub>4</sub>, sino que también mejora el perfil de AGV, favoreciendo rutas fermentativas más eficientes desde el punto de vista energético.

La evidencia experimental respalda estos hallazgos y aporta información mecanística adicional. Pittaluga et al. (2023), en un estudio in vivo con bovinos de carne, observaron que la suplementación con probióticos ruminales reduce las emisiones de metano y modifica la composición de la microbiota, lo que se traduce en una mejor digestibilidad de la dieta. Estos resultados sugieren que los probióticos actúan directamente sobre los microorganismos involucrados en la producción de hidrógeno y metano, redirigiendo la fermentación hacia procesos más eficientes.

Los estudios in vitro también han sido clave para comprender estos mecanismos. Kembabazi et al. (2021), utilizando un sistema de rumen simulado, demostraron que la combinación de *Lactobacillus plantarum* y *Saccharomyces cerevisiae* mejora la relación propionato: acetato, un cambio fermentativo asociado con una menor disponibilidad de hidrógeno para los metanógenos y, por ende, con una reducción en la producción de metano.

**Tabla 2.**

Evidencia científica sobre el papel de los probióticos en el perfil de ácidos grasos volátiles ruminales y la mitigación de emisiones de metano en rumiantes

Autor / Año	País	Tipo de estudio	Especie	Probiótico	Variables	Resultados principales
Ncho, et al., 2024	Corea del Sur	Meta-análisis	Bovinos	Levaduras y bacterias	CH <sub>4</sub> , fermentación ruminal	Reducción de metano variable 0 %–30 %, mayor con probióticos multicepa y uso prolongado
Pittaluga, et al., 2023	Estados Unidos	Experimental in vivo	Bovinos de carne	Probióticos ruminales	CH <sub>4</sub> , microbiota, digestibilidad	Reducción de metano y mejora del crecimiento 5 %–10 % sin cambios en canal
Kembabazi, et al., 2021	Kenia	Experimental in vitro	Rumen simulado	<i>L.plantarum</i> , <i>S.cerevisiae</i>	AGV, CH <sub>4</sub>	Reducción de metano 7 %–10 % y mejora de la fermentación ruminal
Saleem, et al., 2025	Egipto	Revisión	Rumiante	Probióticos comerciales	AGV, protozoos, gases	Mejora de digestibilidad y fermentación 8 %–20 % con mejor perfil metabólico
Portela et al., 2022	México	Revisión	Rumiantes	Aditivos y probióticos	CH <sub>4</sub> , AGV	Reducción de metano 20 %–42 % y pérdida energética del 2 %–12 % en rumiantes
Darabighane et al., 2019	Irán	Metaanálisis	Ganado lechero	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	CH <sub>4</sub> , AGV	Sin efecto significativo en metano 0 %, con pérdidas energéticas del 2 %–12 %
Jeyanathan et al., 2014	Francia	Revisión	Rumiantes	Direct-fed microbials	CH <sub>4</sub> , AGV	El metano representa una pérdida de energía del alimento de aproximadamente: 2 % a 12 % en rumiantes
Min et al., 2022	Origen-Estados Unidos, colaboración-Corea del Sur	Revisión	Bovinos lecheros y de carne	Probióticos y estrategias nutricionales	CH <sub>4</sub> , AGV, rendimiento	Pérdida energética por metano 6 %–12 % y relación directa con la producción y consumo

Nota, papel de los probióticos en el perfil de ácidos grasos volátiles ruminales

## Discusión

Dentro de los probióticos más estudiados, *Saccharomyces cerevisiae* destaca de manera consistente. Estudios de revisión, como el de Elghandour et al. (2020), señalan que esta levadura contribuye a estabilizar la fermentación ruminal y a mejorar la eficiencia en el aprovechamiento de los nutrientes, lo que sienta las bases para un mejor rendimiento productivo. Estos hallazgos son respaldados por trabajos experimentales en vacas de alta producción, donde se ha observado una mejora en la fermentación y en el metabolismo energético del animal (Sun et al., 2021). De forma similar, la revisión cuantitativa realizada por Anee et al. (2021) reporta incrementos sostenidos en la producción de leche tras la suplementación con levaduras activas, lo que refuerza el papel clave de este tipo de probióticos en sistemas lecheros.

Por otro lado, varios estudios experimentales han evaluado el uso de probióticos bacterianos, ya sea de forma individual o en combinación. Ma et al. (2020) demostraron que la suplementación con *Bacillus subtilis*, *Saccharomyces cerevisiae* y *Enterococcus faecalis* en cabras lecheras incrementó tanto la producción como la composición de la leche, sugiriendo un efecto sinérgico entre diferentes microorganismos. Resultados similares fueron reportados por Zhang et al. (2017), quienes observaron mejoras en la fermentación ruminal y en la producción de leche al utilizar combinaciones de *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei* y *Bacillus subtilis* en vacas y terneros.

Un aspecto relevante abordado en varios trabajos es la salud ruminal, particularmente en relación con la acidosis ruminal subaguda (SARA). McAllister et al. (2011), en una revisión, destacan que el uso de microbios administrados directamente puede contribuir no solo al aumento de la producción de leche, sino también a la reducción de la incidencia de SARA. En la misma línea, Chiquette et al. (2015) reportaron que la suplementación con *Enterococcus faecium*, *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactococcus lactis* mejora el uso del lactato en el rumen, ayudando a mantener un pH más estable y favoreciendo una fermentación más eficiente.

Asimismo, algunos estudios han profundizado en la relación entre la microbiota ruminal y el desempeño productivo. Derakhshani et al. (2017) evidenciaron que cambios en grupos microbianos específicos, como *Prevotella*, *Lactobacillus* y miembros de *Lachnospiraceae*, se asocian con variaciones en el consumo, el pH ruminal y la producción de leche, lo que resalta la importancia de la modulación microbiana como mecanismo de acción de los probióticos.

Desde una perspectiva más amplia, las revisiones recientes destacan el potencial de los probióticos comerciales y otras estrategias nutricionales complementarias. Saleem et al. (2025) señalan que la suplementación probiótica puede incrementar la producción total de AGV y, al mismo tiempo, reducir la generación de gases, efecto que se asocia con cambios en las poblaciones de protozoos ruminales. En la misma línea, Portela et al. (2022) y Jeyanathan et al. (2014) coinciden en que los probióticos y los microbios administrados directamente permiten modificar la fermentación ruminal de manera favorable, disminuyendo el metano producido por unidad de alimento consumido.

Los artículos revisados en su mayoría demuestran que la suplementación con probióticos ha demostrado mejorar la síntesis de proteína microbiana ruminal y la digestibilidad de la fibra, manteniendo al mismo tiempo la estabilidad de la fermentación y de la ecología microbiana, lo que permite alinear la productividad con los objetivos de sostenibilidad; sin embargo, las respuestas pueden variar según el sistema de producción y la etapa fisiológica del animal, especialmente en rebaños lecheros, donde los efectos dependen de la cepa probiótica, la dosis y la dieta basal (Min et al., 2022; Márza et al., 2025).

No obstante, no todos los estudios reportan efectos positivos claros. Sánchez et al. (2015), al evaluar un probiótico comercial en vacas Holstein × Cebú, no encontraron diferencias significativas en la producción ni en la calidad de la leche, lo que sugiere que la respuesta a la suplementación probiótica puede depender del tipo de producto, las condiciones de manejo y la base genética de los animales.

En conjunto, la evidencia recopilada en la tabla indica que los probióticos, especialmente las levaduras y ciertas bacterias, tienen un potencial considerable para mejorar la fermentación ruminal, la eficiencia productiva y la producción de leche en rumiantes. Sin embargo, los resultados no son completamente uniformes, lo que subraya la necesidad de considerar cuidadosamente la cepa utilizada, la dosis y el sistema productivo al momento de implementar esta estrategia nutricional.

Diversas investigaciones han mostrado que la suplementación con probióticos puede modular la actividad de la microbiota ruminal, promoviendo un ambiente fermentativo más estable y, en consecuencia, modificando tanto la producción total como el perfil de los AGV (Galina et al., 2016).

Por otro lado, diversos estudios que han evaluado la suplementación con probióticos fúngicos, como *Aspergillus oryzae* y *Trichoderma longibrachiatum*, han evidenciado aumentos significativos en la producción total de ácidos grasos volátiles (AGV), así como mejoras en las proporciones de acetato, propionato y butirato, efectos que se atribuyen a una mayor degradación de la fibra y a una fermentación ruminal más eficiente, lo que sugiere que los probióticos fúngicos podrían ejercer una influencia más directa sobre la síntesis de AGV en comparación con algunos probióticos bacterianos (Wang et al., 2025).

#### *Limitaciones y perspectivas futuras*

Una de las principales limitaciones en el uso de probióticos o direct-fed microbials (DFM) en bovinos lecheros es la elevada variabilidad en la respuesta productiva y sanitaria, lo que dificulta establecer recomendaciones universales, ya que diversas revisiones indican que sus efectos dependen en gran medida de la cepa microbiana utilizada, la dosis administrada, la viabilidad del producto, la composición de la dieta y la etapa fisiológica del animal, particularmente durante el período de transición y la lactación temprana (Ban y Guan 2021). Esta variabilidad explica por qué algunos estudios reportan mejoras en la producción de leche

o en la eficiencia alimentaria, mientras que otros no observan efectos significativos, lo que ha llevado a cuestionar la consistencia de los probióticos como una solución generalizable en los sistemas de producción lechera (Wang et al., 2023).

En cuanto a la salud animal, especialmente en el control de la mastitis bovina, la evidencia científica disponible sobre el uso de probióticos sigue siendo limitada, ya que si bien algunos estudios sugieren que determinadas cepas podrían modular la microbiota mamaria o estimular la respuesta inmune local, las revisiones críticas coinciden en señalar que los resultados son inconsistentes y aún no permiten recomendar su aplicación como una estrategia principal de prevención o tratamiento, además la escasez de estudios a largo plazo, la variabilidad en las vías de administración y la baja replicación de resultados representan factores que restringen su aplicación práctica dentro de los programas de control de mastitis en hatos lecheros (Rainard et al., 2018).

## **Conclusión**

Con respecto al efecto de la suplementación con probióticos sobre la fermentación ruminal y producción de ácidos grasos volátiles en bovinos de aptitud lechera, la revisión literaria permitió determinar que la suplementación con probióticos ejerce un efecto favorable sobre la fermentación ruminal, debido a su capacidad para modular la microbiota del rumen, estabilizar el pH y mejorar la degradación de la fibra, también promueve una producción de mayor equilibrio de ácidos grasos volátiles, especialmente acetato, propionato y butirato, compuestos fundamentales para el suministro energético del bovino, se suma a ello, diversas investigaciones evidenciaron mejoras en la digestibilidad de los nutrientes, la eficacia alimenticia y los parámetros productivos, particularmente en la producción y calidad de la leche.

En lo concerniente a la influencia del uso de probióticos en la metanogénesis ruminal y en la reducción del impacto ambiental asociado a la producción bovina, la evidencia científica analizada, demuestra que los probióticos pueden contribuir a la disminución de la producción de metano entérico mediante la modificación de las rutas fermentativas y de las poblaciones microbianas involucradas en la metanogénesis, los estudios revisados reportaron reducciones variables en las emisiones de metano y una mejor utilización de la energía consumida por el animal, lo que favorece una mayor eficacia productiva y una disminución del impacto de la ganadería bovina al calentamiento global; estos resultados respaldan el potencial de los probióticos como una estrategia nutricional orientada a la sostenibilidad ambiental de los sistemas pecuarios.

En relación con el objetivo de la investigación, la información científica recopilada permitió analizar los beneficios del uso de probióticos en la optimización de la fermentación ruminal en bovinos de aptitud lechera. Los hallazgos evidenciaron que microorganismos como *Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus* spp. y *Enterococcus* spp., favorecen el equilibrio de la microbiota ruminal, mejoran la producción de ácidos grasos volátiles, incrementan la eficacia en el aprovechamiento de nutrientes y contribuyen a la reducción de las emisiones de metano.

Enmarcada en la información analizada, es de considerar que los probióticos constituyen una alternativa nutricional prometedora para mejorar simultáneamente la productividad y la sostenibilidad de los sistemas de producción bovina. Sin embargo, la magnitud de sus efectos depende de factores como la cepa empleada, la dosis suministrada, el tipo de dieta y la etapa fisiológica del animal, por lo que se recomienda continuar desarrollando investigaciones experimentales y estudios de largo plazo que permitan establecer protocolos de aplicación más precisos y adaptados a las diferentes condiciones productivas.

**Referencias bibliográficas**

- Ahmed, S. T., Hoon, J., Mun, H.-S., & Yang, C.-J. (2014). Evaluation of Lactobacillus and Bacillus-based probiotics as alternatives to antibiotics in enteric microbial challenged weaned piglets. *African Journal of Microbiology Research*, 8(1), 96–104. <https://doi.org/10.5897/AJMR2013.6355>
- Al-Shawi, S. G., Dang, D. S., Yousif, A. Y., Al-Younis, Z. K., Najm, T. A., & Matarneh, S. K. (2020). El uso potencial de probióticos para mejorar la salud, la eficiencia y la calidad de la carne animal: Una revisión. *Agriculture*, 10(10), 452. <https://doi.org/10.3390/agriculture10100452>
- Al-Shawi, S. G., Dang, D. S., Yousif, A. Y., Al-Younis, Z. K., Najm, T. A., & Matarneh, S. K. (2020). The potential use of probiotics to improve animal health, efficiency, and meat quality: A review. *Agriculture*, 10(10), 452. <https://doi.org/10.3390/agriculture10100452>
- Alawneh, J. I., Barreto, M. O., Moore, R. J., Soust, M., Al-Harbi, H., James, A. S., & Olchow, T. W. (2020). Systematic review of an intervention: The use of probiotics to improve health and productivity of calves. *Preventive Veterinary Medicine*, 183, 105147. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105147>
- Alba Tanarro, L., Rico, L., Patrón, R., Carrasco, L., Magro, A., & María José, M. J. (2024). Empleo de probióticos. *Revista Ganadería*. <https://nueva.revistaganaderia.com/UploadedFiles/probioticos-ganaderia.pdf>
- Anee, I. J., Alam, S., Begum, R. A., Shahjahan, R. M., & Khandaker, A. M. (2021). Role of probiotics in animal health and nutrition. *Journal of Basic and Applied Zoology*, 82, Article 52. <https://doi.org/10.1186/s41936-021-00250-x>
- Arenas, S. E., Reis, L. S., Frazatti-Gallina, N. M., Giuffrida, R., & Pardo, P. E. (2007). Efeito do probiótico proenzime no ganho de peso em bovinos. *Archivos de Zootecnia*, 56, 75–78.
- Arsène, M. M. J., Davares, A. K. L., Andreevna, S. L., Vladimirovich, E. A., Carime, B. Z., Marouf, R., & Khelifi, I. (2021). The use of probiotics in animal feeding for safe production and as potential alternatives to antibiotics. *Veterinary World*, 14(2), 319–328. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.319-328>
- Badhan, A., Wang, Y., Terry, S., Gruninger, R., Guan, L. L., & McAllister, T. A. (2025). Invited review: Interplay of rumen microbiome and the cattle host in modulating feed efficiency and methane emissions. *Journal of Dairy Science*, 108(6), 5489–5501. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-26063>
- Ban, Y., & Guan, L. L. (2021). Implication and challenges of direct-fed microbial supplementation to improve ruminant production and health. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12(1), Article 109. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00630-x>
- Belanche, A., Palma, R., Nejjam, I., Serrano, R., Jiménez, E., Jiménez, I., Martín-García, A. I., & Yáñez-Ruiz, D. R. (2017). Optimización in vitro del uso de microbiota ruminal como

- probiótico: Efecto del inóculo, dieta y método de conservación. AIDA-ITEA. <https://www.aida-itea.org/aida>
- Bergamaschi, M., Tiezzi, F., Howard, J., Huang, Y. J., Gray, K. A., Schillebeeckx, C., McNulty, N. P., & Maltecca, C. (2020). Gut microbiome composition differences among breeds affect feed efficiency in pigs. *Microbiome*, 8(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s40168-020-00888-9>
- Brodzki, P., Gorzkoś, H., Marczuk, J., Lisiecka, U., Junkuszew, A., Krakowski, L., Szczubiał, M., Brodzki, N., & Głodkowska, K. (2024). Influence of probiotic administration on phagocytic and oxidative burst activity of neutrophils and monocytes in dairy cows. *Journal of Veterinary Research*, 68(3), 401–408. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2024-0043>
- Cai, X., Yi, P., Chen, X., Wu, J., Lan, G., Li, S., & Chen, F. (2024). Intake of compound probiotics accelerates immune function and gut microbiome development in Holstein calves. *Microbiology Spectrum*, 12(6). <https://doi.org/10.1128/spectrum.01909-23>
- Cappelozza, B. I., Sousa, D. O., Alveblad, C., Queiroz, O., Joergensen, J. N., & Rustas, B.-O. (2024). Effects of supplementing a *Bacillus*-based direct-fed microbial on performance, nutrient digestibility, rumen fermentation characteristics, and metabolic responses of lactating dairy cows. *JDS Communications*, 5(2), 107–112. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2023-0439>
- Carro, M. D., Saro, C., Mateos, I., Díaz, A., & Ranilla, M. J. (2014). Empleo de probióticos en la alimentación de rumiantes. Universidad Politécnica de Madrid. [https://oa.upm.es/35230/1/INVE\\_MEM\\_2014\\_191170.pdf](https://oa.upm.es/35230/1/INVE_MEM_2014_191170.pdf)
- Chiquette, J., Lagrost, J., Girard, C. L., Talbot, G., Li, S., Plaizier, J. C., & Hindrichsen, I. K. (2015). Efficacy of *Enterococcus faecium* alone or combined with *Saccharomyces cerevisiae* or *Lactococcus lactis* during induced subacute ruminal acidosis. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 190–203. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8219>
- Darabighane, B., Salem, A. Z. M., Mirzaei Aghjehgheshlagh, F., Mahdavi, A., Zarei, A., Elghandour, M. M. Y., & López, S. (2019). Environmental efficiency of *Saccharomyces cerevisiae* on methane production in dairy and beef cattle: A meta-analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 3651–3658. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3878-x>
- Derakhshani, H., Tun, H. M., Cardoso, F. C., Plaizier, J. C., Khafipour, E., & Loor, J. J. (2017). Linking periparturient rumen microbiome dynamics with dietary changes and production parameters. *Frontiers in Microbiology*, 7, 2143. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02143>
- El Jeni, R., Villot, C., Koyun, O. Y., Osorio-Doblado, A., Baloyi, J. J., Lourenco, J. M., Steele, S., & Callaway, T. R. (2024). Probiotic approaches to improve dairy production: Re-evaluating the foo-foo magic powder. *Journal of Dairy Science*, 107(4), 1832–1856. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23831>
- Elghandour, M. M. Y., Tan, Z. L., Abu Hafsa, S. H., Adegbeye, M. J., Greiner, R., Ugbogu, E. A., Cedillo Monroy, J., & Salem, A. Z. M. (2020). *Saccharomyces cerevisiae* as a

- probiotic feed additive for ruminants, non-ruminants, and pseudo-ruminants: A review. *Journal of Applied Microbiology*, 128(3), 658–674. <https://doi.org/10.1111/jam.14416>
- Fernqvist, F., Spendrup, S., & Tellström, R. (2024). Understanding food choice: A systematic review of reviews. *Heliyon*, 10(12), e32492. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32492>
- Fu, Y., He, Y., Xiang, K., Zhao, C., He, Z., Qiu, M., Hu, X., & Zhang, N. (2022). The role of rumen microbiota and its metabolites in subacute ruminal acidosis-induced inflammatory diseases of ruminants. *Microorganisms*, 10(8), 1495. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10081495>
- Galina, M. A., Elías, A., Vázquez, P., Pineda, J., López, B., & Velázquez, M. A. (2016). Effect of fermentation promoters with or without probiotics on milk fatty acids, amino acids, and cholesterol profile. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 50(1), 105–120. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193045926013>
- Gharechahi, J., Vahidi, M. F., Sharifi, G., Ariaeenejad, S., Ding, X.-Z., Han, J.-L., & Salekdeh, G. H. (2023). Lignocellulose degradation by rumen bacterial communities: New insights from metagenome analyses. *Environmental Research*, 229, 115925. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115925>
- Guimarães, J. T., Silva, E. K., Ranadheera, C. S., Moraes, J., Raices, R. S. L., Silva, M. C., et al. (2019). Efecto del ultrasonido de alta intensidad en el perfil nutricional y los compuestos volátiles de una bebida prebiótica de suero de guanábana. *Ultrasonics Sonochemistry*, 55, 157–164. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.02.025>
- Hailemariam, S., Zhao, S., & Wang, J. (2020). Complete genome sequencing and transcriptome analysis of nitrogen metabolism of *Succinivibrio dextrinosolvens* strain Z6 isolated from dairy cow rumen. *Frontiers in Microbiology*, 11, 1826. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01826>
- Hailemariam, S., Zhao, S., He, Y., & Wang, J. (2021). Urea transport and hydrolysis in the rumen: A review. *Animal Nutrition*, 7(4), 989–996. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.07.002>
- Indugu, N., Vecchiarelli, B., Baker, L. D., Ferguson, J. D., Vanamala, J. K. P., & Pitta, D. W. (2017). Comparison of ruminal bacterial communities in dairy herds of different production. *BMC Microbiology*, 17, 190. <https://doi.org/10.1186/s12866-017-1098-z>
- Jark, P. C., Huppes, R. R., Sierra, Ó., Bueno, B. P., Raposo, T., Werner, J., dos Reis, C., Bueno, C. M., Laufer-Amorim, R., Tinucci-Costa, M., & Nardi, A. D. (2015). Rumen microorganisms and fermentation. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 35(Suppl. 1), 251–254. <https://www.redalyc.org/pdf/1730/173033278003.pdf>
- Jeyanathan, J., Martin, C., & Morgavi, D. P. (2014). The use of direct-fed microbials for mitigation of methane emissions from ruminant livestock: A review. *Animal*, 8, 250–261. <https://doi.org/10.1017/S1751731113002085>

- Jia, Y., Shi, Y., & Qiao, H. (2024). Bacterial community and diversity in the rumen of 11 Mongolian cattle revealed by 16S rRNA amplicon sequencing. *Scientific Reports*, 14, 1546. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-51828-8>
- Kembabazi, B., Migwi, P. K., Ondiek, J. O., & Kibitok, N. (2021). Impact of probiotics on volatile fatty acid production and methane emission of lactating dairy cows. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*, 6(6), 20–25. <https://doi.org/10.22271/veterinary.2021.v6.i6a.392>
- Kenney, N. M., Vanzant, E. S., Harmon, D. L., & McLeod, K. R. (2015). Direct-fed microbials containing lactate-producing bacteria influence ruminal fermentation but not lactate utilization in steers fed a high-concentrate diet. *Journal of Animal Science*, 93(5), 2336–2348.
- Kinde, M. Z., & Asfaw, E. (2021). Assessment of ruminal disorders and their therapeutic management at three veterinary clinics in Gondar town, North Western Ethiopia: A retrospective study. *Veterinary Medicine*, 12, 7–13. <https://doi.org/10.2147/VMRR.S288460>
- Lara, C., & Cardona, J. (2013). Impacto de un biopreparado con características probióticas sobre la producción de leche bovina en Córdoba, Colombia. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(1), 75–80. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612013000100009](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612013000100009)
- Liu, K., Zhang, Y., Yu, Z., Xu, Q., Zheng, N., Zhao, S., Huang, G., & Wang, J. (2021). Interacción microbiota ruminal-huésped y su efecto sobre el metabolismo de los nutrientes. *Animal Nutrition*, 7(2), 337–348. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.12.001>
- Ma, Z. Z., Cheng, Y. Y., Wang, S. Q., Ge, J. Z., Shi, H. P., & Kou, J. C. (2020). Positive effects of dietary supplementation with three probiotics on milk production, composition, and intestinal flora in Sannan dairy goats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104(6), 1641–1650. <https://doi.org/10.1111/jpn.13226>
- Matthews, C., Crispie, F., Lewis, E., Reid, M., O'Toole, P. W., & Cotter, P. D. (2019). The rumen microbiome: A crucial consideration when optimising milk and meat production and nitrogen utilisation efficiency. *Gut Microbes*, 10(2), 115–132. <https://doi.org/10.1080/19490976.2018.1505176>
- McAllister, T. A., Beauchemin, K. A., Alazzeh, A. Y., Baah, J., Teather, R. M., & Stanford, K. (2011). The use of direct-fed microbials to mitigate pathogens and enhance production in cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, 91(2). <https://doi.org/10.4141/cjas10047>
- McCann, J. C., Wickersham, T. A., & Loor, J. J. (2014). High-throughput methods redefine the rumen microbiome and its relationship with nutrition and metabolism. *Bioinformatics and Biology Insights*, 8, 109–125. <https://doi.org/10.4137/BBI.S15389>

- Min, B.-R., Lee, S., Jung, H., Miller, D. N., & Chen, R. (2022). Enteric methane emissions and animal performance in dairy and beef cattle production. *Animals*, 12, 948. <https://doi.org/10.3390/ani12080948>
- Monteverde, V., Congiu, F., Vazzana, I., Dara, S., Di Pietro, S., & Piccione, G. (2017). Serum lipid profile modification related to polyunsaturated fatty acid supplementation in Thoroughbred horses. *Journal of Applied Animal Research*, 45, 615–618. <https://doi.org/10.1080/09712119.2016.1251439>
- Mârza, S. M., Munteanu, C., Papuc, I., Radu, L., & Purdoi, R. C. (2025). The role of probiotics in enhancing animal health: Mechanisms, benefits, and applications in livestock and companion animals. *Animals*, 15(20), Article 2986. <https://doi.org/10.3390/ani15202986>
- Nalla, K., Manda, N. K., Dhillon, H. S., Kanade, S. R., Rokana, N., Hess, M., & Puniya, A. K. (2022). Impact of probiotics on dairy production efficiency. *Frontiers in Microbiology*, 13, Article 805963. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.805963>
- Ncho, C. M., Kim, S. H., Rang, S. A., & Lee, S. S. (2024). A meta-analysis of probiotic interventions to mitigate ruminal methane emissions in cattle: implications for sustainable livestock farming. *Animal : an international journal of animal bioscience*, 18(6), 101180. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101180>
- Olchow, T. W. J., Soust, M., & Alawneh, J. (2019). Efecto de un producto probiótico comercial en la calidad de la leche de vacas lecheras. *Journal of Dairy Science*, 102, 2188–2195. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15411>
- O'Hara, E., Neves, A. L. A., Song, Y., & Guan, L. L. (2020). The role of the gut microbiome in cattle production and health: Driver or passenger? *Annual Review of Animal Biosciences*, 8, 199–220. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-021419-083952>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pittaluga, A. M., Yang, F., Gaffney, J. R., Embree, M., & Relling, A. E. (2023). Effect of supplementation with ruminal probiotics on growth performance, carcass characteristics, plasma metabolites, methane emissions, and the associated rumen microbiome changes in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 101, skac308. <https://doi.org/10.1093/jas/skac308>
- Polianciuc, S. I., Gurzău, A. E., Kiss, B., Ștefan, M. G., & Loghin, F. (2020). Antibiotics in the environment: Causes and consequences. *Medicine and Pharmacy Reports*, 93(3), 231–240. <https://doi.org/10.15386/mpr-1742>
- Portela, D., Cervantes, D., Escobar-España, J., Sánchez-Santillán, P., & Curzaynz, K. (2022). Estrategias para reducir las emisiones de metano entérico en rumiantes. *Revista de Ciencias Agropecuarias*, 8(2). Publicación electrónica anticipada. <https://doi.org/10.36436/24223484.656>

- Prado-Carpio, E. C., Pinargote-Pinargote, H. M., Serrano-Valdiviezo, M. P., Minaya-Macías, M.M., & Navarrete-Almeida, M. S. (2025). Guía para la escritura académica y la divulgación de conocimientos. Editorial Erevna Ciencia Ediciones, Ecuador.  
<https://doi.org/10.70171/dwjsjb71>
- Rainard, P., & Foucras, G. (2018). A critical appraisal of probiotics for mastitis control. *Frontiers in Veterinary Science*, 5, Article 251.  
<https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00251>
- Rebello da Silva, E. B., Rodrigues da Silva, J. A., Concepción da Silva, W., Belo, T. S., Lima Sousa, C. E., Pereira dos Santos, M. R., Lobo Neves, K. A., Guimarães de Carvalho Rodrigues, T. C., Colares Camargo Júnior, R. N., & de Brito Lourenço-Júnior, J. (2024). Una revisión de la microbiota ruminal y las diferentes técnicas moleculares utilizadas para identificar microorganismos presentes en el líquido ruminal de los rumiantes. *Animals*, 14(10), 1448. <https://doi.org/10.3390/ani14101448>
- Saha, S., Fukuyama, K., Debnath, M., Namai, F., Nishiyama, K., & Kitazawa, H. (2023). Recent advances in the use of probiotics to improve meat quality of small ruminants: A review. *Microorganisms*, 11(7), 1652. <https://www.mdpi.com/2076-2607/11/7/1652>
- Saleem, A. S. A., Elaref, M. Y., Bassony, S. M., Abdelnour, S. A., Helal, A. A., Abdel-Monem, U. M., & Al-Marakby, K. M. (2025). Impact of probiotic blend on ruminal fermentation, nutrient digestibility, and blood biochemistry in sheep. *Livestock Science*, 298, Article 105728. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2025.105728>
- Saro, C., Mateos, I., & Ranilla y María Dolores Carro, M. J. (2017). USO DE PROBIÓTICOS PARA MEJORAR LA SALUD DIGESTIVA DE LOS RUMIANTES. [https://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/invernada\\_promotores\\_creCIMIENTO/106-Uso\\_de\\_probioticos.pdf](https://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_creCIMIENTO/106-Uso_de_probioticos.pdf)
- Shaffi, M. S., & Hameed, M. K. (2023). El papel de los probióticos en la nutrición y la salud animal. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 17(3), 276–280. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.17.3.0396>
- Singh, B., Mal, G., Kalra, R. S., & Marotta, F. (2024). Probiotics against methanogens and methanogenesis. En B. Singh, G. Mal, R. S. Kalra, & F. Marotta (Eds.), *Probiotics as live biotherapeutics for veterinary and human health* (Vol. 1, pp. 355–376). Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-65459-6>
- Sun, X., Wang, Y., Wang, E., Zhang, S., Wang, Q., Zhang, Y., et al. (2021). Effects of *Saccharomyces cerevisiae* culture on rumen fermentation, blood metabolism, and performance of high-producing dairy cows. *Animals*, 11, 2401. <https://doi.org/10.3390/ani11082401>
- Sánchez, T., Lamela, L., López, O., & Benítez, M. (2015). Influencia del probiótico Sorbifauna en la producción y calidad de la leche de vacas mestizas en pastoreo. *Pastos y Forrajes*, 38(3), 183–188. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942015000300005&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942015000300005&script=sci_arttext)

- Tesfaye, A., & Hailu, Y. (2019). Effects of probiotic supplementation on milk yield and composition of lactating dairy cows. *Journal of Phytopharmacology*, 8(1), 12–17.
- Tseten, T., Sanjorjo, R. A., Kwon, M., & Kim, S.-W. (2022). Strategies to mitigate enteric methane emissions from ruminant animals. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 32(3), 269–277. <https://doi.org/10.4014/jmb.2202.02019>
- Wang, L., Li, M., Chaoqi, L., Li, X. X., Wang, P., Chang, J., Jin, S., Yin, Q., Zhu, Q., Dang, X. W., & Lu, F. (2025). Effects of fungal probiotics on ruminal fermentation and microbiota of Angus cattle. *Animals*, 15(18). <https://doi.org/10.3390/ani15182746>
- Wang, L., Sun, H., Gao, H., Xia, Y., Zan, L., & Zhao, C. (2023). A meta-analysis on the effects of probiotics on the performance of pre-weaning dairy calves. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s40104-022-00806-z>
- Xu, H., Huang, W., Hou, Q., Kwok, L. Y., Sun, Z., Ma, H., Zhao, F., Lee, Y. K., & Zhang, H. (2017). The effects of probiotics administration on the milk production, milk components and fecal bacteria microbiota of dairy cows. *Science bulletin*, 62(11), 767–774. <https://doi.org/10.1016/j.scib.2017.04.019>
- Xue, M., Sun, H., Wu, X., Guan, L. L., & Liu, J. (2018). Assessment of rumen microbiota from a large dairy cattle cohort reveals the pan and core bacteriomes contributing to varied phenotypes. *Applied and Environmental Microbiology*, 84(1), e00970-18. <https://doi.org/10.1128/AEM.00970-18>
- Yeoman, C. J., & White, B. A. (2014). Gastrointestinal microbiota and probiotics in production animals. *Annual Review of Animal Biosciences*, 2, 469–486. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022513-114149>
- Zhang, R., Dong, X. L., Zhou, M., Tu, Y., Zhang, N. F., Deng, K. D., & Diao, Q. (2017). Administración oral de *Lactobacillus plantarum* y *Bacillus subtilis* sobre la fermentación ruminal y la comunidad bacteriana en terneros. *Revista de Ciencia*