
Efecto de la inclusión del propionato de calcio en la dieta de ovinos sobre el consumo y la digestibilidad aparente*

Effect of the inclusion of calcium propionate on productive parameters and apparent digestibility in sheep

***Estefanía Arbeláez Arango¹, Henry Alzate Quintero²,
Sebastián Montoya Uribe³ y Carlos Santiago Escobar Restrepo⁴***

1 Semillero Ruminaceae (UCO). Correo: estefis-11@hotmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1248-1812>.

2 Semillero Ruminaceae (UCO). Correo: henryaquintero92@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7903-4455>.

3 Grupo de investigación en Agronomía y Zootecnia-GIAZ (UCO). Correo: smontoya@uco.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1313-2319>.

4 Grupo de Investigación INCA-CES, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad CES. Correo: csescobar@ces.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3955-484X>.

* Trabajo derivado de los grupos de investigación Grupo de investigación en Agronomía y Zootecnia (GIAZ), Universidad Católica de Oriente, Sector 3, Cra. 46 No. 40B-50, Rionegro, Antioquia, Colombia; Grupo de Investigación INCA-CES, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad CES, Cl. 10A No. 22-04, Medellín, Antioquia, Colombia. Autor correspondiente: csescobar@ces.edu.co

Resumen

Con el fin de buscar fuentes de energía alternativas, se ha optado por utilizar precursores glucogénicos, entre estos está el propionato de calcio que es usado como suplemento en la dieta de los rumiantes. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la inclusión del propionato de calcio en la dieta de los ovinos. Se utilizaron un total de seis hembras ovinas, con un peso promedio (PV) de 26 ± 4 kg. Se evaluaron dos tratamientos siguiendo un diseño en Crossover, el primer tratamiento sin propionato de calcio (PrCa) o Control y el segundo con PrCa a razón del 4 % del peso vivo. La base forrajera era King Grass (*Pennisetum purpureum Schumacher*) administrada *ad libitum*. Las

variables evaluadas fueron el consumo de materia seca (MS), de materia orgánica (MO) y proteína bruta (PB). Además, se determinó la digestibilidad aparente (DA) de la MS, MO y PB. Los datos fueron analizados a partir de la prueba *t-student* con un α 0.05. Se encontró que la inclusión de PrCa tendió a aumentar el consumo de MS ($p < 0,053$) y aumentó el consumo de PB. A su vez, mejoró la DA de la PB. En conclusión, el nivel de inclusión de PrCa utilizado en el presente estudio tuvo un efecto significativo en las variables de consumo de materia seca y digestibilidad en la proteína bruta. Sin embargo, contrario a esto, no se observó un efecto en la digestibilidad de la materia orgánica y en la materia seca.

Palabras clave

Aditivos, Colecta Total, Nutrición, Rumen.

Abstract

To explore alternative energy sources, glucogenic precursors have been considered, including calcium propionate, which is used as a dietary supplement for ruminants. The objective of this study was to evaluate the effect of including calcium propionate in the diet of sheep. A total of six female sheep with an average body weight (BW) of 26 ± 4 kg was used. Two treatments were evaluated following a crossover design: the first treatment without calcium propionate (CaPr) or Control, and the second with CaPr at 4 % of body weight. The forage base consisted of King Grass (*Pennisetum purpureum Schumacher*) offered

ad libitum. The variables assessed included dry matter (DM), organic matter (OM), and crude protein (CP) intake. Additionally, the apparent digestibility (AD) of DM, OM, and CP was determined. Data were analyzed using the *student's t-test* with an α of 0.05. The inclusion of CaPr tended to increase DM intake ($p < 0.053$) and significantly increased CP intake. It also improved the AD of CP. In conclusion, the level of CaPr inclusion used in this study had a significant effect on dry matter intake and crude protein digestibility. However, no effect was observed on the digestibility of organic matter or dry matter.

Keywords

Additives, Total Collection, Nutrition, Rumen.

Introducción

El creciente aumento de la población humana, los avances de los sistemas de producción pecuaria y la demanda de granos para la alimentación de animales es cada vez mayor. La FAO reportó que a partir del año 2008 el incremento en el valor de los insumos alimenticios utilizados para la producción animal ha sido superior al 200 %, lo que ha generado un impacto significativo en los costos de producción (FAO, 2014). Por este motivo es necesario buscar fuentes de energía no convencionales como es el uso de precursores glucogénicos, tales como el glicerol, propilenglicol y el propionato de calcio usado en la alimentación como suplemento en la dieta de los rumiantes (Rangel, 2011).

Los ovinos no solo sirven para la producción de lana, ya que hoy en día se ha desarrollado toda una industria alrededor de este tipo de ganado. Antes se creía que la crianza de ovinos era propia del trópico bajo, teoría que ha sido desmitificada con el paso del tiempo y con los estudios realizados. En la actualidad, las principales zonas productoras de carne de ovinos en el trópico bajo colombiano son Cesar, Sucre, Santander, Tolima, Córdoba y La Guajira, mientras que en el trópico alto son Boyacá, Cundinamarca, Antioquia, Valle del Cauca y Cauca. Cada una de estas zonas cuenta con una participación

significativa en la crianza y producción del ganado ovino que se ha sido orientado hacia la línea cárnica (Bedoya, 2019).

El sector ovino sigue ganando adeptos en diversas regiones del país, su adaptación a zonas adversas y extremas, fertilidad, rendimiento, economía y la demanda existente en los mercados nacionales e internacionales, han convertido a los ejemplares en un objetivo interesante para los productores que ven en las especies menores una alternativa comercial interesante y rentable. Adicionalmente, la diversidad de climas con las que cuenta el departamento de Antioquia también favorece la adaptabilidad y rendimiento de este ganado y gracias a la construcción de algunas comercializadoras importantes, así como la habilitación por parte de una empresa como Colanta de una planta para el faenado de la especie ha favorecido el incremento del hato de ovinos y los sistemas de producción (Ganadero, 2023).

La inclusión de minerales en las dietas de los animales de producción, en este caso de los ovinos, es una práctica cada vez más común debido a que ofrece múltiples beneficios en la salud del animal y una mayor calidad en los subproductos obtenidos de este. El propionato de calcio es una fuente notable de este

mineral junto al ácido propiónico, que es un ácido graso de cadena corta que se produce naturalmente en el rumen de los ovinos durante la fermentación de los carbohidratos; la adición de esta fuente puede mejorar la digestión y absorción de nutrientes, así como reducir la incidencia de trastornos metabólicos como cetosis y acidosis ruminal. También se ha demostrado que el propionato de calcio mejora la calidad de la leche, la carne y la lana en las ovejas (Yors, 2018).

Es importante tener en cuenta que la inclusión de propionato de calcio debe ser controlada, ya que el exceso puede causar efectos negativos en la salud de los ovinos como hipercalcemia, además de esto, se buscan estrategias que mejoren la conversión alimenticia con una adecuada aplicación de las buenas prácticas de manejo con la inclusión de aditivos.

En conclusión, es indispensable que los sistemas de producción pecuarios sean eficientes y sostenibles. Además, es necesario buscar alternativas de alimentación animal e implementar técnicas que mejoren la producción de lana, carne y leche con un valor agregado de alta calidad gracias a los minerales adicionados y que reduzcan los costos.

Materiales y métodos

Localización

El trabajo se llevó a cabo en la subregión del oriente de Antioquia, específicamente

en el municipio de El Carmen de Viboral en la zona rural del municipio (vereda Betania), geográficamente ubicada en las coordenadas 6°04'15" de latitud Norte y 75°18'56" de longitud oeste, con altitud de 2183 msnm y una temperatura que oscila entre los 18 y 20 °C, clasificada en zona de vida BS-MB (Bosque Seco Montano Bajo) (Holdridge, 1967). Se contó con seis (6) corrales aproximadamente de 1,8 metros de largo por 1 metro de ancho; cada corral contó con comedero y bebedero individual.

Dietas y animales

El periodo experimental tuvo una duración de 30 días, separados en dos periodos de 15 días: inicialmente diez (10) días de adaptación a la dieta y cinco (5) de medición. Se emplearon seis (6) hembras ovinas cruzadas con la raza Dorper de 26 ± 4 kg de peso vivo inicial, alojadas en corrales individuales. Los animales fueron sometidos a un plan sanitario al inicio de la fase experimental que consistió en la desparasitación (*Fencob*® al 25 % en una dosis de 2.5 ml/animal). Los animales se distribuyeron siguiendo un diseño en crossover, con dos tratamientos. El tratamiento 1 (Control) consistió en King Grass (*Pennisetum purpureum Schumacher*) *ad libitum* y 15 gramos de harina de maíz animal/día; el tratamiento 2 es igual a la dieta control, pero adicionando 4 % de propionato de calcio/peso vivo animal mezclado con la harina de maíz. El consumo *ad libitum* de pasto se garantizó calculando diariamente el consumo considerando un 15 % de rechazo.

Las variables evaluadas fueron el consumo de materia seca (CMS), las cuales fueron obtenidas al pesar diariamente el alimento ofrecido y el alimento rechazado.

Se determinó la digestibilidad aparente (DA) de la MS, Materia Orgánica (MO), Proteína bruta (PB) y cenizas (Ce). La prueba de DA se realizó una vez finalizado el período de adaptación al tratamiento experimental y tuvo una duración de cinco días.

El consumo de materia seca (CMS) se obtuvo por diferencia entre la oferta y el rechazo. Muestras del alimento ofertado y rechazado por cada animal fueron diariamente colectadas y almacenadas a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, obteniendo al final una muestra compuesta para su posterior caracterización nutricional.

La producción de MS fecal se determinó mediante el procedimiento de colecta total de heces. Se tomaron muestras de heces diariamente, por la mañana y por la tarde; fueron colectadas y almacenadas a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Al término de los cinco días se obtuvo una muestra compuesta por animal para su posterior análisis químico.

La digestibilidad aparente (DA) de la materia seca y de los nutrientes se obtuvo a través de la ecuación $DA (\%) = [(Nutriente\ consumido, g - Nutriente\ en\ las\ heces, g) / Nutriente\ consumido, g] * 100$. Las muestras se presecaron en estufa de ventilación forzada ($60^{\circ}\text{C} / 72\text{ h}$). Posteriormente, se procesaron en un molino estacionario Thomas-Wiley con tamiz de 1 mm (Arthur M. Thomas,

Philadelphia, PA, USA) para su posterior análisis de materia seca (MS), materia orgánica (MO) y proteína bruta (PB) (AOAC, Official Methods of Analysis, 2005) (AOAC, Official Methods of Analysis, 2007).

Análisis estadístico

Los datos se analizaron a partir de la prueba de t-student empleando un nivel de significancia del 5 %. Previo al análisis se revisaron los supuestos de normalidad por la prueba de Shapiro-Wilk, y homogeneidad de varianza con la prueba de Levene. Cuando no se cumplían los supuestos de normalidad se utilizó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney. Se utilizó el programa *Past versión 4.1*.

Resultados

Como se observa en la Tabla 1 los parámetros que fueron significativos ($P < 0,05$) son la MS fecal y proteína bruta (PB), también se observa que en el tratamiento al que se le adicionó PrCa obtuvo 3,5 kg de peso más que los ovinos en el tratamiento control, al igual que el aumento del consumo de MS.

Con respecto al aumento de los parámetros se observa que en la tabla 1 incrementaron con el propionato de calcio, el consumo de MS en un 33,13 %, la MO en un 11,1 % y la PB en 60,48 %; en comparación al tratamiento control.

Tabla 1

Efecto de la inclusión de propionato de calcio sobre el consumo de materia seca y nutrientes en ovinos

	Tratamiento ²		Valor de p ¹
	Control	PrCa	
Peso promedio (kg)	30,5	33,0	----
Consumo³			
MS (g)	328,25	490,88	0,05335
MS (%PV)	1,08	1,49	0,4817
MO (g)	350,19	394,02	0,5848
MS fecal (g)	55,95	85,88	0,03224
PB (g)	35,85	90,72	1,056E-0,5

Nota. ¹P-values menores de 0,05 indican diferencia estadística entre columnas. ²PrCa, Propionato de calcio. Cada valor corresponde a la media de 6 animales. ³MS, materia seca total; MO, materia orgánica; PB, proteína bruta.

En la Tabla 2, el parámetro que presentó diferencias significativas fue la DA de la PB, sin embargo, en la dieta con adición de PrCa también hubo mayor digestibilidad en la materia seca que en el tratamiento control de manera numérica, mas no estadística.

Con respecto al aumento de los parámetros se observa que en la tabla 2 incrementaron, con el PrCa, la MS en un 4,13 % y la PB en un 5,34 %; por el contrario, en el tratamiento control la MO obtuvo un incremento de un 4,46 % con respecto a la dieta de PrCa.

Tabla 2

Efecto de la inclusión de propionato de calcio sobre la digestibilidad aparente de materia seca y nutrientes en ovinos

Digestibilidad aparente (%) ³	Tratamiento ²		Valor de p ¹
	Control	PrCa	
MS	78,81	82,21	0,2308
MO	82,11	78,45	0,2623
PB	88,14	93,12	0,01631

Nota. ¹P-values menores de 0,05 indican diferencia estadística entre columnas. ²PrCa, Propionato de calcio. Cada valor corresponde a la media de 6 animales. ³MS, materia seca total; MO, materia orgánica; PB, proteína bruta.

Discusión

Teniendo en cuenta las diferencias entre los consumos tanto de MS, como PB entre los tratamientos la adición de PrCa incrementó el consumo de estos nutrientes. Este resultado no se sustenta únicamente en los datos mencionados, sino que también encuentra respaldo en la similitud de la cantidad de forraje suministrado a ambos grupos (1068,4 vs. 1042,3 g para control y PrCa, respectivamente). Resultados contrastantes se evidencian en el estudio de (Lee-Rangel et al., 2012), donde utilizaron PrCa en borregos a una concentración del 1 % de MS y no hubo diferencia en el consumo. Similarmente, en vacas lecheras se evaluó 0, 100, 200 y 300 g de PrCa y no hubo influencia alguna sobre el consumo de MS (Liu et al., 2009). En este último estudio las vacas consumieron a razón de 0,016; 0,032 y 0,048 % de PrCa como porcentaje de peso vivo. (Lee-Rangel et al., 2018), a su vez, no encontró diferencias en el consumo de corderos, suministrando 0, 30, 35 y 40 g/kg MS de PrCa. Por otro lado, Rather-Williams et al. (2021) encontraron en novillos que el aumento de PrCa disminuye el consumo de los animales. En este estudio utilizaron tres niveles crecientes de PrCa a razón de 0, 100 y 300 g por animal día, lo que corresponde a 0,04 % y 0,1 % del PV, valores menores a los utilizados en el presente estudio. Disminuciones en el consumo similares fueron reportados en vacas lecheras con cantidades de 200 y 300 g por vaca (Martins et al., 2019). En coherencia con lo encontrado en el presente estudio, McNamara

y Valdez (2005) demostraron que las vacas alimentadas con 125 g/d de propionato de calcio aumentaron su ingesta de materia seca en un 11 y 13 % en los grupos preparto y posparto, respectivamente, en comparación con el grupo de control que tenía 0 g de PrCa.

El consumo de materia seca en los rumiantes depende directamente del llenado y vaciado del rumen. El volumen ruminal a su vez depende de la solubilidad, fermentación, tasa de pasaje y tamaño de la partícula del material ingerido (Ørskov, 1995). El PrCa es un precursor del ácido propiónico en el rumen lo que puede aumentar a su vez la tasa metabólica de diferentes órganos, a su vez afectando el consumo (Rather-Williams et al., 2021). Al aumentar el consumo de materia seca, también se produce un aumento en los otros nutrientes en comparación a la dieta control. Adicional al aumento en el consumo, también el porcentaje de PB del pasto ofertado durante el periodo con PrCa fue mayor en comparación al control (PB: 18,4 y 11,8 %, PrCa vs. Control), así aumentado el consumo total de proteína.

La suplementación de PrCa tuvo un efecto positivo sobre la digestibilidad de la PB en comparación a la dieta control. Efectos similares fueron evidenciados en un estudio in vitro, donde la adición de PrCa no solo aumentó la producción de gas, sino que aumentó de 60,00 % a 64,53 % la digestibilidad in vitro de la MS (DIVMS) (Osorio Teran et al., 2017). En otro estudio, en novillos fistulados, con adiciones de 0, 100, 200 y 300 g de PrCa, encontraron una

respuesta lineal y cuadrática de la fracción soluble ruminal, la tasa de degradación y la digestibilidad efectiva de la PB al aumento del PrCa (Liu et al., 2009). En búfalos las digestibilidades de la MS y MO no fueron afectadas por la inclusión de 335g de PrCa, sin embargo, la digestibilidad de la PB tendió a aumentar ($p < 0.05$) (El-Deen et al., 2019). Dichos estudios fueron coherentes con lo encontrado en el presente estudio. En contraste, Sheperd y Combs (1998) reportaron un aumento en las digestibilidades de MS y MO en un 8,3 % y un 8 % cuando el PrCa fue incluido, sin embargo, no reportaron aumento en la digestibilidad de la PB. Zhang et al. (2022) encontraron que la concentración de $\text{NH}_3\text{-N}$ en el rumen aumentó de manera lineal con la inclusión de PrCa y la concentración de PB metabólica disminuyó, lo que indicó que se incorporó menos $\text{NH}_3\text{-N}$ ruminal en la PB metabólica, efecto que no ocurrió en el presente estudio, ya que la digestibilidad aparente de la PB va directamente relacionada con el aumento de la PB metabólica. El aumento sustancial en la digestibilidad de la PB de este estudio puede deberse a un aumento de la fermentación ruminal o utilización de la proteína por el rumen, quizá por aumento de poblaciones bacterianas específicas. Liu et al. (2009) indica que posiblemente hay un aumento en las poblaciones bacterianas que consumen amonio, especialmente las celulolíticas, cuando se suministra PrCa. A su vez, no solo la degradabilidad ruminal de la PB juega un papel importante sino también

la degradabilidad intestinal. Finalmente, Liu et al. (2009) encontró que con dosis altas de PrCa (300g) la fermentación ruminal disminuía, pero la digestibilidad aparente total aumentaba, concluyendo que quizá hay un efecto postruminal.

Conclusiones

La inclusión del propionato de calcio (PrCa) en una proporción del 4 % del peso vivo de los ovinos mostró un impacto positivo en el consumo de materia seca (MS) y en la digestibilidad aparente de la proteína bruta (PB). Estos resultados destacan la capacidad del PrCa para mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes, contribuyendo a un mejor desempeño productivo en sistemas de alimentación basados en forrajes tropicales. A pesar de las mejoras observadas en el consumo y digestibilidad de la proteína bruta, el PrCa no presentó efectos significativos en la digestibilidad aparente de la materia seca y la materia orgánica. Esto sugiere que su inclusión debe ser evaluada en combinación con otras estrategias de manejo alimenticio para optimizar el aprovechamiento total de los nutrientes.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al señor Jairo Arango Espinosa, propietario de la finca "Rosa Azulina" en El Carmen de Viboral, por proporcionarnos el espacio y los animales para la realización de la investigación.

Referencias

- Allen (2000). Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal Dairy Sci*, 1598-1524. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(00\)75030-2](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(00)75030-2)
- AOAC, I. (2005). *Official Methods of Analysis*. Gaithersburg, MD. Retrieved from <https://www.aoac.org/>
- AOAC, I. (2007). *Official Methods of Analysis*. Arlington, VA.
- Bedoya, M. P. (2019, Julio 31). *Agronegocios*. Universidad Católica de Oriente
- Blanco, M. D. (1999). El alimento y los procesos digestivos del Rumen. *Sitio Argentino de Producción Animal*. Retrieved from https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/70-alimentos_rumen.pdf
- El-Deen et al. (2019). (2019). Nutrient digestibility and blood constituents evaluation after oral administration of propylene glycol and calcium propionate in buffalo calves. *Journal of the Egyptian Veterinary Medical Association*, 79(2), 609-625.
- FAO. (2014). Evolución mundial del consumo de carne. *FAO*. https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2018-graph7-es
- Ganadero, C. (2023, 03 01). *Contextoganadero*. <https://www.contextoganadero.com/regiones/ovinos-ganan-terreno-entre-productores-antioquenos>
- Holdridge, L. (1967). *Life Zone Ecology*. San Jose Costa Rica: Tropical Science Center.
- Lee-Rangel et al. (2012). Effect of calcium propionate and sorghum level on lamb performance. *Animal feed science and technology*, 237-241. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.08.012>
- Lee-Rangel et al. (2018). Efecto del propionato de calcio sobre el peso vivo, el consumo y la canal de corderos alimentados con heno de alfalfa (*Medicago sativa*). *Agrociencia*, 81-88. <https://doi.org/10.15517/nat.v13i1.37853>
-

- Liu et al. (2009). Efectos del propionato de calcio en la fermentación ruminal excreción urinaria de derivados de purina y digestibilidad de alimentos en novillos. *Revista de Ciencias Agrícolas*. <https://doi.org/10.35376/10324/48506>
- Liu et al. (2010). Effects of calcium propionate supplementation on lactation performance, energy balance and blood metabolites in early lactation dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 605-614. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2009.00945.x>
- Martins et al. (2019). Calcium propionate increased milk parameters in Holstein cows. *Acta Scientiae Veterinariae*, 47. <https://doi.org/10.22456/1679-9216.97154Mc>
- Namara and Valdez, (2005). Adipose tissue metabolism and production responses to calcium propionate and chromium propionate. *Journal of Dairy Science*, 2498-2507.
- Mendoza Martinez et al. (2016). Effect of dietary calcium propionate on growth performance and carcass characteristics of finishing lambs. *Animal Production Science*, 1194-1198.
- Oba and Allen (2003). Intraruminal infusion of propionate alters feeding behavior and decreases energy intake of lactating dairy cows. *Journal Nutr*, 133.
- Ørskov. (1995). *Ruminal physiology*. In Forbes, J.M., & France, J. (Eds.). *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. Cambridge University press.
- Osorio Teran et al. (2017). Effect of calcium propionate and monensin on in vitro digestibility and gas production. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 348-353.
- Prado, G. d. (2014). Respuesta productiva, digestibilidad de los nutrientes y parametros de fermentación ruminal en ovinos, recibiendo clorhidrato de zilpaterol. *Repositorio Institucional de la Universidad Autonoma del Estado de Mexico* .
- R A Zinn, F. N. (2002). Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. *Journal of animal science*, 15.
- Rangel, H. (2011). *Utilización de propionato de calcio en borregos*. Colegio de Post-graduados. <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/480>
-

- Rathert-Williams et al. (2021). Effects of increasing calcium propionate in a finishing diet on dry matter intake and glucose metabolism in steers. *Journal of Animal Science*, 99.
- Rathert-Williams et al. (2021). Efectos del aumento del propionato de calcio en una dieta de acabado sobre la ingesta de materia seca y el metabolismo de la glucosa en novillos. *Revista de Ciencia Animal*, 99.
- Rathert-Williams et al. (2021). Effects of increasing calcium propionate in a finishing diet on dry matter intake and glucose metabolism in steers. *Journal of animal science*, 99.
- Sanz-Sáez et al. (2012). Alfalfa forage digestibility, quality and yield under future climate change scenarios vary with *Sinorhizobium meliloti* strain. *Journal of Plant Physiology*, 782-788.
- Shepherd y Combs. (1998). Long-term effects of acetate and propionate on voluntary feed intake by midlactation cows. *Journal of Dairy Science*, 2240-2250.
- Thompson, M. (1992). Adrenergic control of motor and secretory function in the gastrointestinal tract. *Aliment Pharmacol*, 125-142.
- Yors, J. F. (2018, 06). Efecto de adición de propionato de calcio en la digestibilidad de ovinos en finalización. *Universidad autónoma del estado de México*. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/94733>
- Zhang et al. (2022). Calcium propionate supplementation has minor effects on major ruminal bacterial community composition of early lactation dairy cows. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.847488>
-