

Macroencapsulados de ácidos orgánicos como alternativa para mitigar el metano en rumiantes

López-Ojeda, José C.¹; Crosby-Galván, María M.¹; Ramírez-Bribiesca, J. Efrén^{1*}; Hernández-Rodríguez, Martha²; Paredes Diaz, David¹; Bárcena-Gama, José R.¹; Vera-Vázquez, Francisco J.¹

¹ Programa de Ganadería, Colegio de Postgraduados, Km. 36.5, Montecillo, Texcoco. 56264. Estado de México, México.

² Programa de Genética, Colegio de Postgraduados, Km. 36.5, Montecillo, Texcoco. 56264. Estado de México, México.

* Autor para correspondencia: efrenrb@colpos.mx

Problema

El sector ganadero emite alrededor de 8.1 gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente, de la cual el 44% es metano entérico (CH_4). Actualmente, diversas estrategias en la ganadería están encaminadas a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Para ello, se han agrupado en las siguientes seis áreas de estudio: Nutrición, Genética, Modulación ruminal, Sanidad, Manejo de estiércol y Manejo de pasturas. Particularmente la nutrición, el mejoramiento de dietas y suplementos alimenticios son las más utilizadas debido a su facilidad y factibilidad.

El propionato puede antagonizar las emisiones de CH_4 entérico, mientras el bicarbonato de sodio (NaHCO_3) antagoniza el ácido fórmico (incrementa la producción de CH_4) e indirectamente también mitiga la formación de CH_4 . En este caso el ácido propiónico es el principal sustrato gluconeogénico de los rumiantes, reduce el CH_4 y mejora la productividad animal. En particular, el propionato de calcio ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{CaO}_4$) es un suplemento dietario para rumiantes, formado a partir de una sal compuesta que se disocia en ácido propiónico e hidróxido de calcio. Esta disociación del $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{CaO}_4$ en el rumen provoca la captura del ion hidrógeno durante el proceso de gluconeogénesis, reduciendo la disponibilidad de formación de CH_4 y aumentando la formación de propionato en el rumen, y como se mencionó, la adición de NaHCO_3 puede inhibir la formación de ácido fórmico y mitigar la emisión de CH_4 . Dos estudios de meta-análisis indican que el malato y el fumarato de sodio son eficientes como compuestos sumideros de $[\text{H}]$, reduciendo la producción de CH_4 en un 17%, pero estos son de alto costo. En particular, el rumen es un sumidero importante de $[\text{H}]$, es la principal fuente de energía para los rumiantes. En el rumen ocurren diversos eventos fisiológicos que se ocupan de $[\text{H}]$ y regulan el proceso de metanogénesis. Las vías bioquímicas para eliminar H_2 en el rumen ocurren con la formación de propionato, pero

Cómo citar: López-Ojeda, J. C., Crosby-Galván, M. M., Ramírez-Bribiesca, J. E., Hernández-Rodríguez, M., Paredes Diaz, D., Bárcena-Gama, J. R., & Vera-Vázquez, F. J. (2024). Macroencapsulados de ácidos orgánicos como alternativa para mitigar el metano en rumiantes. *Agro-Divulgación*, 4(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v4i6.406>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Octubre 2024.

Agro-Divulgación, 4(6). Suplemento. 2024. pp: 101-104.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



aún no se ha logrado reducir eficientemente las emisiones de CH_4 mediante la promoción del propionato. Por lo tanto la combinación de $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{CaO}_4$ con NaHCO_3 es una buena estrategia para disminuir la formación de CH_4 entérico en los rumiantes. Sin embargo, las tecnologías para suplementarlo deben de ser con una secreción controlada, donde la tasa de lenta liberación sea paulatina y controlada. El uso de macroencapsulados de lenta liberación en el rumen es una alternativa para que se vaya dosificando paulatinamente estos principios bioactivos. A continuación se explica una metodología propuesta por este grupo de investigación.

Diseño de los macroencapsulados: Se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal Programa de Ganadería. Para la elaboración de partículas protegidas de los ácidos orgánicos se utilizaron los siguientes reactivos: $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{CaO}_4$, NaHCO_3 , goma laca blanca en polvo (Cedrosa), alcohol etílico (96°) grado reactivo (Golden Bell) y agua destilada. Al inicio, se pesó 100 g de $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{CaO}_4$ y se sumergió por 5 min en solución de goma laca (la cual se preparó disolviendo 50 g de goma laca en 1 L de alcohol grado reactivo y se colocó en una placa de agitación magnética (Thermo Scientific Sp131635, China), calentándose ligeramente por encima de su punto de fusión (50 °C) a 20 min, y se dejó secar a temperatura ambiente por 24 h. El siguiente paso, se agregó 100 g de NaHCO_3 y se homogenizó. La muestra se calentó nuevamente con otra cubierta de goma laca, y la mezcla de reacción fue a temperatura de entre 100 °C. Al mismo tiempo se sometió a presión de 2 a 4 bares, durante 20 min en autoclave (LAB-MED LMV40, México), se sacó de la autoclave y se dejó secar a temperatura ambiente por 24 h. Una vez secas las partículas de $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{CaO}_4$ se colocaron en el porta-muestras de latón con cinta doble adhesiva de aluminio, se usó una cinta conductiva doble adhesiva de carbón, se recubrieron con oro durante 4 minutos en una ionizador de metales JEOL JFC-1100 (Fine Coat[®] ion Sputter, México). Las muestras resultantes se observaron en microscopio electrónico de barrido (JEOL-JSM 6390, México) a 10 Kv (Figura 1).

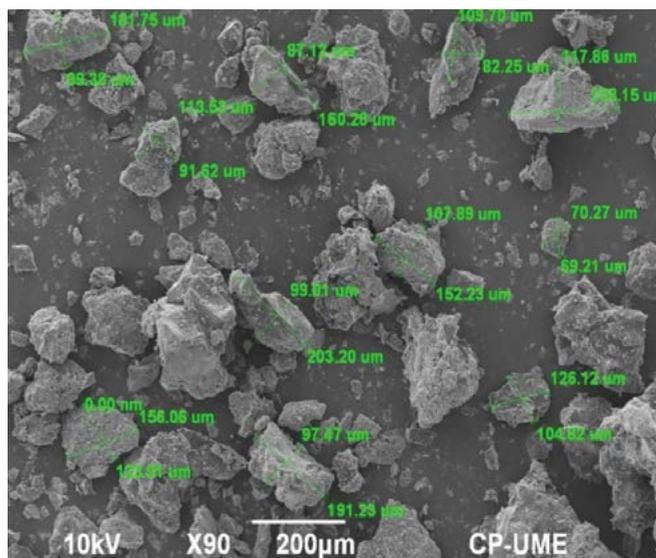


Figura 1. Micrografía (MEB) de partículas de propionato de calcio y bicarbonato protegidas.

Liberación de propionato de calcio y metano: Se pesaron 0.5 g de muestras de los macroencapsulados y se colocaron en un tubo de plástico de 50 mL. Se agregaron 25 mL de cada solución buffer (pH 4, 5, y 6) preparadas con anterioridad y se metieron los tubos en un frasco de vidrio al digestor Daisy Ankom (ANKOM, Technology, D200, Fairport, NY-USA) a temperatura de 39° C (simulando la temperatura del rumen), con agitación circular constante. Después de 1 h, se tomó una alícuota de 250 μ L y se colocó en baño de hielo en una placa magnética (Thermo Scientific, Sp131635, China) para realizar una digestión ácida, en donde a cada alícuota, se le añadió 1 mL de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) y se mantuvo en agitación magnética por 10 min; posteriormente se agregaron 500 μ L de agua destilada, que se mantuvo en agitación 10 min y se repitió la adición de 500 μ L de agua destilada. La muestra se agitó por 20 min, se enfrió en hielo por 10 min y la concentración de $C_6H_{10}CaO_4$ se hizo con una técnica colorimétrica en el laboratorio de tecnología de los alimentos de la UAM-Lerma. El CH_4 fue medido con la saturación con hidróxido de sodio.

Los macroencapsulados con un pH de 6 mostraron mayor liberación ruminal de $C_6H_{10}CaO_4$ y menor porcentaje de CH_4 , considerando que el diseño de macroencapsulados es una alternativa para mitigar la emisión de metano (Cuadro 1).

Cuadro 1. Liberación de propionato de calcio ($mg\ kg^{-1}$) y metano (%) a diferentes valores de pH.

pH/ CH_4	R1	R2	R3	EEM
4	99.35 ^a	93.30 ^c	97.58 ^b	1.75
CH_4	11.0	11.4	12.0	
5	156.37 ^a	144.41 ^c	181.08 ^b	7.67
CH_4	12.0	10.4	9.91	
6	192.81 ^a	198.33 ^c	213.30 ^b	12.14
CH_4	6.2	5.8	4.3	

EEM: error estándar de la media. R=repetición de muestra. ^{a, b, c,} medias con distinta literal entre hileras son diferentes ($P \leq 0.05$).

Retribución social

El proyecto permitió crear una tecnología práctica que puede encapsular ácidos orgánicos para facilitar su lenta liberación en el retículo-rumen y mitigar la formación de metano. Es una alternativa innovadora que trae beneficios a los ganaderos.

Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por el Colegio de Postgraduados: Recursos internos de la Convocatoria 2023-05 para apoyar proyectos de investigación e incidencia orientados a fortalecer el desarrollo, y/o identificación de prácticas de producción sostenible en el sector agropecuario y acuícola pesquero frente a los riesgos agroclimáticos (ACC, 2023).

Innovaciones, impactos e indicadores

Nivel de innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores específicos	Subindicador
		Sector	Sector	Ámbito			
Incrementa	Mejora el cambio climático en la producción ganadera.	Asociaciones de ganaderos con crianza principal de bovinos productores de leche, carne y ovinos.	Apoyo directo al sector primario	Se da un beneficio ambiental, social y económico	Se fortalece la política ambiental a través de mejora en el ambiente, mitigando gases de efecto invernadero.	Capacitación a productores de rumiantes y tecnólogos en producción animal.	Publicaciones prácticas sobre la encapsulación de productos antimetanogénicos. Número de ganaderos beneficiados. Transferencias tecnológicas Desarrollo de un producto innovador para la sociedad rural. Aplicación de conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico
Procesos	Se implementa una alternativa para mitigar la emisión de metano entérico.						
Servicios	Disminuye la emisión de metano entérico en los hatos ganaderos del país						
Innovación frugal	Es una técnica innovadora que permite una liberación constante de ácidos orgánicos que tienen efecto en antagonizar la formación de metano.						

