Germán David Mendoza Martínez, Nallely Sánchez López y María Eugenia de la Torre Hernández

¿Cómo reducir los gases de efecto invernadero de los rumiantes?

En México se pueden reducir las **emisiones entéricas de metano** con la participación de la industria de alimentos para ganado, mediante la inclusión de compuestos antimetanogénicos científicamente validados para alimentos de rumiantes. El impacto de esta acción podría llegar a representar el 19% de las emisiones de automotores. Esta propuesta se puede lograr por medio de estímulos fiscales para empresas de alimentos que incluyan esos compuestos, o mediante normas oficiales.

Emisiones entéricas de metano
Gases de metano (CH_4) liberados por los rumiantes durante el proceso de fermentación microbiana del alimento en el rumen. Representan una de las principales fuentes de gases de efecto invernadero del sector pecuario.

Introducción

El planeta debe mantener una cierta temperatura para preservar la vida. El equilibrio se está rompiendo por el calentamiento global debido al cambio climático que es consecuencia de la acumulación de gases como el metano, el bióxido de carbono (CO_2) y el óxido nitroso, pues estos gases actúan como una barrera que impide que la radiación escape de la atmósfera y propicie lo que conocemos como *efecto invernadero*, proceso que ha hecho cambiar el clima.

Hoy es claro que el cambio climático demanda atención urgente e implementación de medidas inmediatas, antes de que las consecuencias negativas sean irreversibles. De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPPC, 2023), los impactos proyectados podrían causar más estragos que la pandemia del covid-19.

La ganadería –particularmente los rumiantes domésticos: bovinos, ovinos y caprinos– contribuye a la acumulación de gases de efecto invernadero en una proporción de entre el 6% y el 16% (Zhao y Zhao, 2022), producto de su proceso digestivo y de las excretas. Durante la digestión, los microorganismos presentes en el **rumen**, también conocido como panza, degradan alimentos, y en este proceso se producen metano y bióxido de carbono, dos relevantes gases de efecto invernadero. Se debe tener presente que los rumiantes aportan carne y leche de gran valor nutricional para los humanos. La buena noticia es que se pueden reducir sustancialmente los gases emitidos por los rumiantes.

Rumen
Primer compartimento del estómago de los rumiantes, donde ocurre la fermentación microbiana del alimento.

Los científicos han estudiado la forma de reducir la intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero, así como las emisiones globales, haciendo cambios en la formulación de las dietas de los rumiantes, con la inclusión de algunos aditivos al alimento. Se han estudiado compuestos **antimetanogénicos** (aditivos), algunos de los cuales ya están disponibles para su uso, mientras que otros aún se encuentran en etapas de desarrollo. En México podemos reducir el metano producido por el ganado mediante la implementación de mecanismos antimetanogénicos a corto plazo.

Antimetanogénicos ▸ Compuestos que inhiben la producción de metano en el rumen durante la fermentación entérica.

El objetivo de este artículo es analizar el potencial de mitigación de gases de efecto invernadero en la ganadería mexicana mediante la incorporación de aditivos antimetanogénicos en alimentos balanceados, evaluando su disponibilidad, eficacia, viabilidad de implementación dentro de la industria nacional, para señalar la necesidad de políticas públicas que incentiven su adopción como una estrategia de aplicación científica viable para una transición hacia una ganadería sostenible.

Compuestos antimetanogénicos

Se han identificado algunos metabolitos secundarios vegetales (taninos, aceites esenciales, saponinas) que tienen efecto sobre los microorganismos del rumen, compuestos halogenados con algas rojas (Ma y cols., 2020), e incluso se ha diseñado una molécula que es inhibidora de la síntesis del metano que está en el mercado. En el **Cuadro 1** se presenta un resumen de los aditivos para mitigar el metano, con el porcentaje de reducción de metano esperado con su inclusión y su disponibilidad en México.

Destaca el uso del alga roja *Asparagosis taxiformis* para reducir en mayor proporción el metano ruminal, pero como aditivo no esta disponible. Tenemos aceites insaturados (aceites de oliva, girasol, linaza, pescado) que al ser metabolizados por las bacterias en el rumen capturan el hidrógeno reduciendo su disponibilidad para formación de metano, con lo que se logra reducir hasta en un 21 % el metano (Arndt y cols., 2022). México cuenta con una producción significativa de aceites, lo que convierte su incorporación en alimentos balanceados para rumiantes en una opción viable a corto plazo. Para su implementación se requeriría alrededor del 2.28 % del total de la producción nacional de aceites, lo cual lo convertiría en una alternativa viable desde el punto de vista de disponibilidad.

Cuadro 1. Potencial esperado de reducción de metano entérico con aditivos.

	%	Disponible en México
Alga roja	64	No
Aceites	52	Sí
3-Nitrooxypropanol (3-NOP)	41	Sí
Aceite esencial de orégano	30	No
Taninos	28	Sí
Mezcla de extractos vegetales para ganado	17	Sí
Monensina sódica	10	Sí
Carbón vegetal	6	No
Aceite esencial de canela	6	No
Extractos de ajo y cítricos	2	No
Saponinas	2	Sí

Fuente: modificado a partir de Carrazco (2021).

Existen en México 43 compuestos con diferentes capacidades antimetanogénicas y 1310 productos (alimentos concentrados, suplementos, bloques, núcleos, etc.) que podrían utilizarse como vehículo para incorporar aditivos antimetanogénicos. Por otra parte, existen 26 aditivos naturales fitobióticos, compuestos derivados de plantas utilizados en la alimentación animal por sus efectos positivos en la salud, la productividad y la reducción del metano entérico de los rumiantes, aunque su eficacia aún debe validarse científicamente. Hay sólo un inhibidor de metano sintético de importación.

¿Cuántos rumiantes domésticos tenemos en México y cuánto metano entérico producen?

En México los rumiantes se manejan en unidades especializadas o en ganadería familiar, también llama-

Cuadro 2. Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero anuales (Gg equivalentes de CO_2) en México.

	Ganadería especializada	Ganadería familiar	Total
Bovino para carne	37 606	9 331	46 937
Bovino para leche	6 170	194	6 364
Ovinos	754	453	1 207
Caprinos	139	788	927
Total de Gg de CO_2			55 435

Gg: Gigagramo (mil millones de gramos).
Fuente: Galicia (2021).

da de traspatio. Las unidades especializadas cuentan con asesoría nutricional que les diseña premezclas y aditivos, a diferencia de los sistemas familiares, que no tienen asesoría y muchos simplemente compran los alimentos balanceados que elaboran los fabricantes. Las emisiones varían en función de la especie y tipo de producción (Cuadro 2).

Según el Censo Agropecuario 2022 del INEGI, México cuenta con 33.3 millones de rumiantes. Al segmentar por número de cabezas, se estiman 22 millones de cabezas en unidades de tipo familiar y aproximadamente 4 millones en grandes hatos especializados. Considerando este contexto, se propone incorporar compuestos antimetanogénicos en alimentos balanceados para atender ambos sistemas productivos. Ahora bien, para examinar la viabilidad de esta propuesta es necesario conocer la industria de alimentos balanceados mexicana.

La industria de alimentos balanceados para animales en México

México es el quinto país productor de alimentos balanceados a nivel mundial (Cuadro 3). La mayoría de las empresas de este sector están agrupadas en el Consejo Nacional de Fabricantes de Alimentos Balanceados y de la Nutrición Animal (Conafab). Las cantidades de alimento producidas anualmente nos permiten estimar que con esta propuesta se puede abarcar alrededor del 68 % de los concentrados para ganado bovino y 73 % para pequeños rumiantes.

Cuadro 3. Producción de alimentos balanceados para rumiantes (millones de toneladas).

	Mundial	Ganado lechero	Ganado de carne	Pequeños rumiantes*
China	239.97	3.10	4.61	1.1
EUA	215.86	24.10	62.96	3.0
Brasil	77.61	6.50	5.30	0.5
India	42.01	10.93	0	0.4
México	37.58	5.94	4.18	0.4
Total	1 188.47	130.02	117.01	19.4

Fuente: elaborado con información de Conafab (2023).
* La cifra de pequeños rumiantes corresponde a una estimación derivada del 20 % de los alimentos clasificados como "otras especies", ante la ausencia de datos específicos.

La incorporación de aditivos podría aumentar el costo de los alimentos para los ganaderos; sin embargo, para evitar este impacto, se pueden otorgar estímulos fiscales a los fabricantes, lo que haría viable la implementación de esta propuesta. Para esos cambios en los alimentos balanceados, se requiere información sobre los tipos de aditivos que se pueden incorporar, así como una estimación de la demanda, la disponibilidad y su eficiencia. Las cantidades anuales que se requieren en México para incorporar los compuestos antimetanogénicos se presentan en el Cuadro 4. Con esta información el gobierno puede implementar instrumentos, medidas regulatorias y económicas para que la mitigación de gases de efecto invernadero de la ganadería se alcance en el corto plazo, con un impacto rápido y sostenible.

La demanda de aditivos representa una oportunidad para el desarrollo y comercialización de los compuestos antimetanogénicos y un reto para que algunas universidades desarrollen productos con empresas nacionales.

Los estímulos fiscales para reducir metano entérico

Una política ambiental sería la respuesta jurídica para la solución a problemas ambientales que de hecho están contemplados en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental, con instrumentos económicos y mecanismos normativos

Cuadro 4. Toneladas anuales estimadas de compuestos antimetanogénicos para la industria de alimentos balanceados en México.

	Ganado lechero	Ganado de carne	Pequeños rumiantes	Total
Aceites	89 100	62 700	6 000	157 800
Inhibidor 3 NOP	59.4	89.6	28.6	177.5
Fitobióticos	29 700	20 900	2 000	52 600

Fuente: elaborado con base en productos registrados en Senasica (2025) y con estimaciones basadas en la población de ganado (Galicia, 2021).

y administrativos de carácter fiscal para incentivar acciones que favorezcan el ambiente, sin fines recaudatorios y en forma de subsidios, no de ingresos gravables. Esto permitiría poner en marcha los primeros pasos hacia la reducción de gases de efecto invernadero producidos por rumiantes, mediante el uso y desarrollo de compuestos antimetanogénicos.

El estímulo que se otorgue por la incorporación de compuestos antimetanogénicos tendrá que ser calificado con base en la evidencia científica y revisarse anualmente. Se debe diseñar un estímulo fiscal para empresas o personas físicas del sector productor de alimentos balanceados con procedimientos verificables. Se requiere de un grupo consultor científico que diseñe un modelo de calificación que considere el volumen de productos antimetanogénicos incorporados, la eficiencia del producto para reducir gases de efecto invernadero, para otorgar mayores estímulos a quienes incorporen mayores volúmenes con mayor eficacia. El modelo estimaría el monto del beneficio para aplicarse en el impuesto ISR (impuesto sobre la renta) (Cámara de Diputados, 2024), lo que permitiría hacer una deducción del ISR de las empresas que participen en este programa para calcular el monto invertido.

Se pueden implementar estímulos fiscales para la importación de productos y para las empresas que inviertan en desarrollos tecnológicos de productos antimetanogénicos derivados del alga roja, plantas nativas mexicanas, diseño de moléculas, etc., con el propósito de promover una cultura que permita estimular la conservación del ambiente. En México

hay 283 empresas dedicadas a fabricar productos alimenticios para rumiantes que podrían ver esto como un reto y una oportunidad para producir compuestos antimetanogénicos o para desarrollar nuevos aditivos con la participación de posgrados de instituciones de educación superior; pero para que esto ocurra es indispensable que tengamos una política de estímulos fiscales dirigida a este sector.

El papel de la investigación en el desarrollo de nuevos aditivos

La pandemia del covid-19 mostró la necesidad de invertir en ciencia y tecnología, y es indispensable definir una política de apoyo para reducir las emisiones de metano de la ganadería. Para desarrollar nuevos aditivos (por ejemplo, derivados del alga roja), es imperante que la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) promueva proyectos de investigación con la participación de posgrados nacionales e institutos de investigación, apoyados con becas. Se requiere un mayor estudio de las algas rojas; en México sólo hay una empresa dedicada al aprovechamiento sustentable de los recursos marinos –que cosecha y procesa algas marinas para alimentación humana y para otros usos industriales– que podría desarrollar el cultivo del alga roja para la alimentación de rumiantes.

La SECIHTI debería fomentar la colaboración entre ficólogos y expertos en nutrición animal. El Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores tiene la información para convocar a esta tarea que debería ser considerada de seguridad nacional. Se sugiere organizar reuniones entre la Sociedad Mexicana de Ficología, la Red de Ficólogos Mexicanos y la Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal, junto con las academias relacionadas. En México existen 80 posgrados en ciencias agropecuarias y 16 de ficología, así como otros posgrados que podrían involucrarse en grupos multidisciplinarios y transdisciplinarios para desarrollar aditivos antimetanogénicos basados en algas y microalgas, incluidas las algas del sargazo (*Sargassum natans* y *Sargassum fluitans*), que representan un problema para el turismo del Caribe mexicano.

Cuadro 5. Escenarios de estimación de reducción de gases de efecto invernadero producidos por rumiantes en México (Gg equivalentes de CO_2) con compuestos antimetanogénicos en alimentos balanceados.

	Ganado bovino	Pequeños rumiantes	Total
Emisión nacional	53 302	2 134	55 436
Emisión de GEI* de cabezas con alimento balanceado	36 245	1 558	37 803
Escenarios con reducción de CO_2			
10 %	32 621	1 402	34 033
40 %	21 747	935	22 722
90 %	3 625	156	3 870

* GEI: gases de efecto invernadero.

Impacto esperado de incorporar compuestos antimetanogénicos

En el Cuadro 5 se presentan tres escenarios de reducción de los gases de efecto invernadero producidos por rumiantes (10-90 %), basados en las diferencias en cuanto a eficacia de los compuestos antimetanogénicos. La magnitud de esta reducción equivaldría aproximadamente al 19 % de las emisiones reportadas por el Gobierno de México en sectores como el de vehículos no carreteros y autotransporte.

Tareas pendientes

Se pueden implementar en México programas similares a los de California (EUA) y Canadá con metas de cero emisiones en la agricultura para 2050 (Dairy Farmers of Canada, 2023). Estos programas contemplan el manejo de excretas y mayor eficiencia ganadera, para lo cual ya existen propuestas de científicos (World Bank Group, 2019). Se debe alentar a las empresas y a los diferentes niveles de gobierno para establecer voluntariamente objetivos de cero emisiones netas (IPPC, 2023).

La implementación de aditivos antimetanogénicos puede tener efectos económicos diferenciados. En sistemas ganaderos especializados, su adopción es más viable por el acceso de éstos a tecnología y asesoría técnica, especialmente si existen estímulos fiscales. En contraste, para los pequeños productores el costo podría representar una barrera, a menos que se integren a través de alimentos comerciales sin incrementar significativamente el precio. Con el diseño adecuado de políticas, esta estrategia puede ser económicamente accesible y ambientalmente efectiva para todos los estratos productivos.

Conclusiones

Es posible reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a corto, mediano y largo plazo, con compuestos antimetanogénicos en alimentos para rumiantes, con el apoyo de estímulos fiscales y respaldo científico. Esto abre una oportunidad para las empresas de desarrollar productos que incorporen los lineamientos de Buenas Prácticas Pecuarias y las políticas de la SECIHTI, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Social (SADER), y de que las instituciones de educación superior contribuyan a la investigación, desarrollo e implementación de estrategias contra el cambio climático.

Se agradece el apoyo de la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación del Gobierno de la Ciudad de México, de conformidad con los convenios SECTEI/010/2024, "Soberanía alimentaria: Sistema agroalimentario sostenible para la Ciudad de México" y CASA-UAM: Centro Articulador para la Sostenibilidad Alimentaria.

Germán David Mendoza Martínez
Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.
gmendoza@correo.xoc.uam.mx

Nallely Sánchez López
Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco.
nsanchezl@correo.xoc.uam.mx

María Eugenia de la Torre Hernández
Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco.
mdelatorre@correo.xoc.uam.mx

Referencias específicas

Arndt, C., A. N. Hristov, W. J. Price, S. C. McClelland, A. M. Pelaez *et al.* (2022), "Full adoption of the most effective strategies to mitigate methane emissions by ruminants can help meet the 1.5 C target by 2030 but not 2050", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(20):e2111294119. Disponible en: ‹https://doi.org/10.1073/pnas.2111294119›, consultado el 25 de julio de 2025.

Cámara de Diputados (2024), *Ley del Impuesto sobre la Renta*, última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de abril de 2024, Secretaría General, Secretaría de Servicios Parlamentarios. Disponible en: ‹https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LISR.pdf›, consultado el 25 de julio de 2025.

Carrazco, A. (2021), "How can cattle feed additives reduce greenhouse gas emissions?", *CLEAR Center* [en línea]. Disponible en: ‹https://clear.ucdavis.edu/explainers/how-can-cattle-feed-additives-reduce-greenhouse-gas-emissions›, consultado el 25 de julio de 2025.

Dairy Farmers of Canada (2023), "Net zero by 2050. Best Management Practices Guide to Mitigate Emissions on Dairy Farms", *Dairy Farmers of Canada* [en línea]. Disponible en: ‹https://dairyfarmersofcanada.ca/sites/default/files/2023-07/DFC_BMP%20Guide_2023-07-05.pdf›, consultado el 25 de julio de 2025.

Galicia, N. A., D. J. A. B. Ordóñez, B. A. Munguía, M. N. J. Venegas, T. L. E. Ortega y D. M. D. J. Ordóñez (2021), "Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes del ganado en México, 1990-2018", *Realidad, Datos y Espacio*, 12(3):114-123.

IPCC (2023), "AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023", *Intergovernmental Panel on Climate Change* [en línea]. Disponible en: ‹https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/›, consultado el 25 de julio de 2025.

Ma, T., W. Wu, Y. Tu, N. Zhang y Q. Diao (2020), "Resveratrol affects *in vitro* rumen fermentation, methane production and prokaryotic community composition in a time-and diet-specific manner", *Microbial Biotechnology*, 13(4):1118-1131.

Senasica (2025), "Listado de productos alimenticios vigentes 2025", Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Disponible en: ‹https://www.gob.mx/senasica/documentos/productos-registrados-autorizados-regulacion-de-productos-veterinarios›, consultado el 25 de julio de 2025.

World Bank Group (2019), *The power of dung; lessons learned from on-farm biodigester programs in Africa*, Washington, International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank. Disponible en: ‹https://documents1.worldbank.org/curated/en/468451557843529960/pdf/The-Power-of-Dung-Lessons-Learned-from-On-Farm-Biodigester-Programs-in-Africa.pdf›, consultado el 25 de julio de 2025.

Zhao, Y., y G. Zhao (2022), "Decreasing ruminal methane production through enhancing the sulfate reduction pathway", *Animal Nutrition*, 9:320-326.