

# Árboles forrajeros: aliados en la producción animal y mitigación de gases de efecto invernadero<sup>φ</sup>

José Vicente Alcaraz-Guillén<sup>1</sup>, José Herrera-Camacho<sup>2\*</sup>, Miguel Ángel Bautista-Hernández<sup>1</sup>, Octavio Alonso Castelán-Ortega<sup>3</sup>

## Introducción

**E**n México, la población total estimada en 2023 superó los 131 millones y se espera que continúe con una tendencia ascendente durante los próximos años (Fig. 1) y se sitúe por encima de los 136 millones para el 2028 (Statista 2024). Este incremento hará necesaria la producción de proteína de origen animal para cubrir la demanda.

La ganadería de bovinos de carne abastece de proteína de alta calidad para consumo humano (Saadoun y Cabrera 2016), es una fuente importante de ingresos y representa fuentes de empleo de pequeños y grandes productores. La producción masiva de carne bovina se ha relacionado con la producción de gases de efecto invernadero, como el metano, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y óxido nitroso (Bonilla-Cárdenas y Lemus-Flores 2012). De éstos, el metano es un poderoso gas de efecto invernadero 28 veces más potente que el CO<sub>2</sub> en producir calentamiento global (Bonilla-Cárdenas y Lemus-Flores 2012) y también se ha relacionado con la degradación de suelos y la contaminación que altera el equilibrio químico y biológico del suelo y de las fuentes de agua por el uso de agroquímicos y los desechos animales.

El sector ganadero contribuye al calentamiento global con 18 % de la emisión antropogénica total de gases de efecto invernadero (GEI) (Aguirre-Ortega *et al.* 2016; De la

<sup>φ</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario No. 100, Colonia Centro. CP. 50000, Toluca, México. <sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Carretera Morelia Zinapécuaro Kilómetro 9.5, 58880 Tarímbaro, Michoacán. <sup>3</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario No. 100, Colonia Centro. CP. 50000, Toluca, México. \*Autor de correspondencia: [jose.camacho@umich.mx](mailto:jose.camacho@umich.mx) [oacastelano@uaemex.mx](mailto:oacastelano@uaemex.mx), DOI: <http://doi.org/10.56369/BAC.6408>



Cruz López 2024). Estas emisiones, además de la producción animal, provienen de la producción y procesamiento de alimento, el uso de tierra, la fermentación entérica y el manejo de desechos de los animales (Vázquez-Carrillo *et al.* 2020).

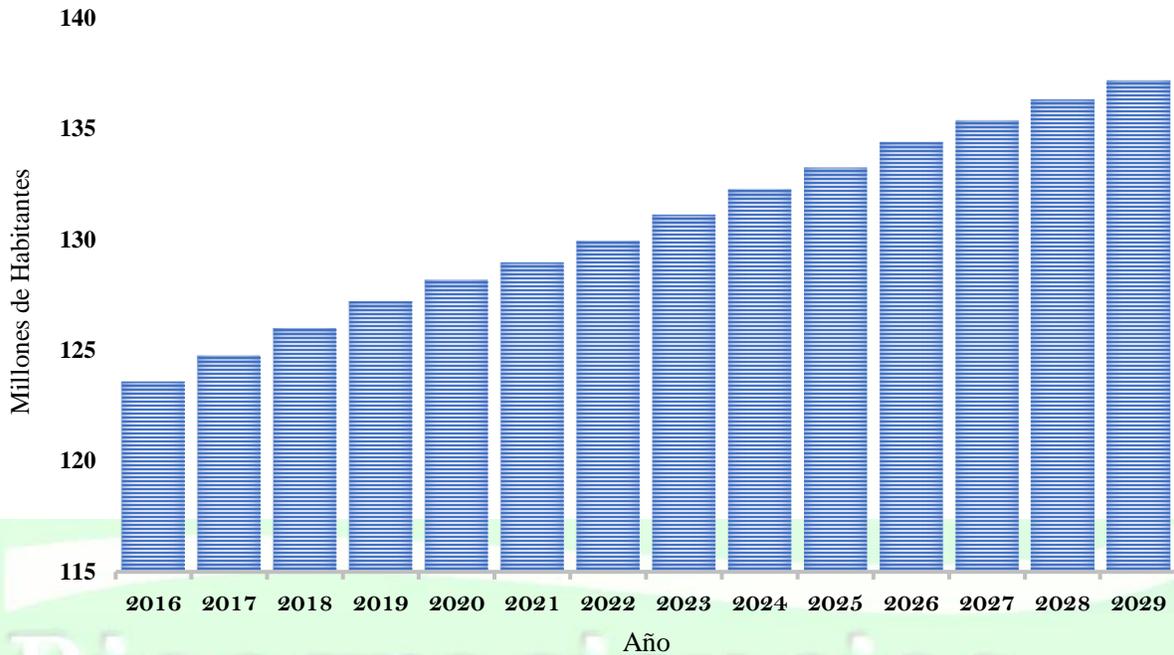


Figura 1. Crecimiento poblacional en México (Statista 2024).

El sistema digestivo de los rumiantes les permite consumir varios tipos de forrajes y transformarlos en proteína de alto valor biológico para consumo humano. Sin embargo, en este proceso parte de la energía que debe destinarse hacia la producción se pierde como metano ( $\text{CH}_4$ ), uno de los principales gases de efecto invernadero (Cardoso-Gutiérrez *et al.* 2021).

Para el 2018, México contaba con un inventario de casi 32 millones de cabezas de ganado bovino que generaron alrededor de  $2039.21 \pm 205.5$  Gg de  $\text{CH}_4$  por año y ocuparon el octavo lugar entre los países productores de metano por fermentación entérica a nivel mundial (Vázquez-Carrillo *et al.* 2020). Este escenario requiere desarrollar estrategias que contribuyan a la mitigación de gases de efecto invernadero. El objetivo de este trabajo es presentar una revisión del uso estratégico de árboles con potencial forrajero en la alimentación de rumiantes y su contribución para la disminución de gases de efecto invernadero.

---

*“La producción masiva de carne bovina se ha relacionado con la producción de gases de efecto invernadero, como el metano, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y óxido nítrico”.*

---

## Uso de árboles forrajeros en la alimentación animal

En las regiones tropicales y subtropicales de México, y en particular en la Tierra Caliente en Michoacán, Molina (2005) documentó que la producción de bovinos de carne presenta una problemática que limita la eficiencia económica de estos sistemas pecuarios, entre los que destaca la estacionalidad en la producción de forrajes dado que se presenta una época prolongada de secas que comprende de noviembre a junio (Fig. 2). Esta situación aumenta la dependencia de insumos que no se producen en la región, lo que provoca un aumento en los costos de producción y disminuye los ingresos para el productor.

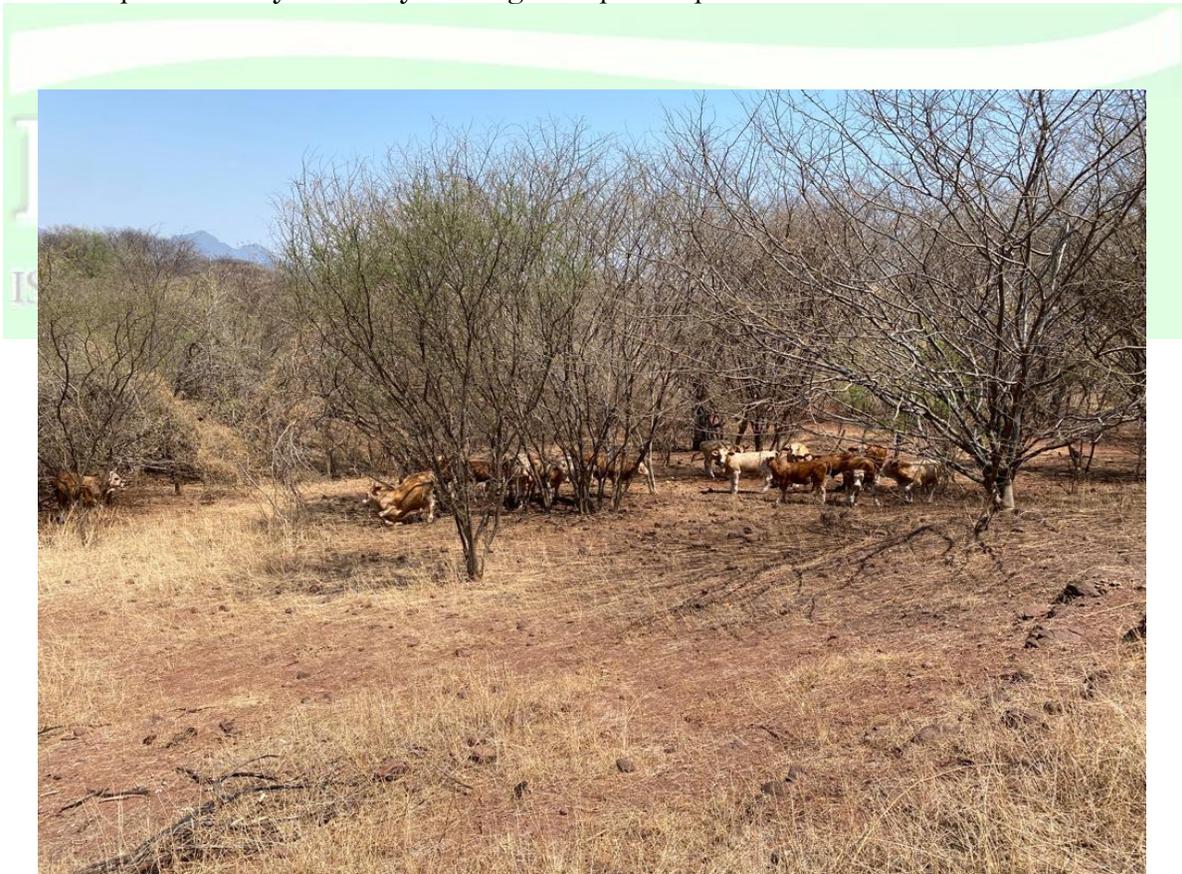


Figura 2. Ganado bovino en pastoreo en la época de estiaje en la región de Tierra Caliente en Michoacán, México.

Otro aspecto que limita la eficiencia del ganado bovino en el trópico seco es la ausencia de pastos mejorados debido a la escasez de agua, lo cual no permite la siembra y riego de estos pastos, obligando al pastoreo en pastizales nativos en donde predominan pastos como *Andropogon gayanus*, *Bouteloua gracilis*, *Paspalum notatum*, etc. gramíneas perennes que constituyen el forraje típico consumido por el ganado en zonas cálidas y secas de México (Molina 2005). Por ejemplo, en la región de Tierra Caliente, Michoacán, las unidades de producción cuentan con extensiones de tierra con relieve montañoso debido a que por ahí atraviesa la Sierra Madre Sur, y se dan las condiciones adecuadas para el crecimiento de los pastos mencionados, los cuales constituyen la parte más importante de la dieta de los bovinos de la región (Molina-Mercado *et al.* 2008).

Una de las principales fuentes de ingreso de la ganadería bovina en la Región de Tierra Caliente de Michoacán, es la venta de becerros al destete, ya que la falta de insumos y forraje para la alimentación dificulta la alimentación de un número elevado de cabezas de ganado, y por lo tanto se tienen que vender ante la imposibilidad de finalizarlos localmente (Molina-Mercado *et al.* 2008). En consecuencia, el productor debe vender a las crías con una edad de seis meses de edad o apenas se destetan para evitar la alimentación.

Por otro lado, una característica importante de biodiversidad en México es una amplia variedad de árboles nativos. En Michoacán, López Hernández (2015) identificó al menos 60 especies que pueden ser utilizadas en la alimentación animal como una fuente de proteína para reducir la dependencia de insumos comerciales de alto costo, y que por su contenido de taninos y fenoles totales pueden modificar la flora ruminal e incidir en la mitigación de la producción de metano (Sandoval-Pelcastre *et al.* 2020). En Veracruz, Cabrera-Núñez *et al.* (2019) identificaron algunos árboles y arbustos con potencial forrajero (Tabla 1) donde destacan que tanto las hojas, el fruto y las flores pueden ser consumidas por el ganado.

Tabla 1. Árboles y arbustos con potencial forrajero en México (Cabrera-Núñez *et al.* (2019).

Nombre común	Nombre Científico	Familia	Fracción consumida
Chaca (árbol)	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae	Hojas y flores
Palo de sol (árbol)	<i>Gliricidia sepium</i>	Fabaceae	Hojas
Chote (árbol)	<i>Parmeniera aculeata</i>	Bignoniaceae	Hojas y fruto
Ramón (arbusto)	<i>Brosimum alicastrum</i>	Moraceae	Hojas y flores
Palo de rosa (árbol)	<i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae	Hojas
Leucaena (arbusto)	<i>Leucaena leucocephala</i>	Fabaceae	Hojas, flores y fruto
Guácima (árbol)	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae	Hojas y flores
Morera (arbusto)	<i>Morus alba</i>	Moraceae	Hojas y fruto

---

*“Una de las principales fuentes de ingreso en la ganadería bovina en la Región de Tierra Caliente, es la venta de becerros al destete ya que la falta de insumos y forraje para la alimentación dificulta la alimentación de un número elevado de cabezas de ganado.”*

---

En Veracruz, árboles como el guaje, clitoria también llamada tehuana o conchita azul, Kudzú y Cacahuatillo, han sido reportados en la alimentación animal (Enríquez-Quiroz *et al.* 2019). En el norte de México, en Tamaulipas, se identificaron alrededor de 70 especies forrajeras de utilidad para el ganado (Zertuche-Rodríguez *et al.* 2018).

En Yucatán, se evaluó en ovinos el efecto de los taninos condensados en el follaje de *Havardia albicans* (Palo de la India o Chaca), *Acacia pennatula* (Acacia común o Tukum) y *Bursera simaruba* (Palo mulato), en combinación con *Pennisetum purpureum*. Se observó que la inclusión de 300 g/kg de materia seca de la ración no afectó el consumo ni la digestibilidad de la materia seca ni de la materia orgánica y la producción de metano fue similar cuando los ovinos recibieron solo *P. purpureum* o la inclusión de follaje en la dieta (Piñeiro *et al.* 2017).

Sin embargo, la adición de niveles bajos de *Cymbopogon citratus* en la dieta de ganado bovino en crecimiento registró una reducción de hasta 28% en la producción de metano cuando se midió en cámaras de respiración de circuito abierto. Esta respuesta se atribuye a la presencia de taninos condensados y fenoles en *C. citratus*, los cuales son moduladores de la flora microbiana ruminal y, a la par, pueden para mitigar la producción de este gas de efecto invernadero (Vázquez-Carrillo *et al.* 2023).

El uso de recursos forrajeros ricos en taninos y fenoles disminuye la producción de metano en condiciones controladas (Cardoso-Gutiérrez *et al.* 2021). No obstante, deben desarrollarse más estudios donde se evalúe el impacto del uso de árboles forrajeros en la alimentación animal y el comportamiento productivo del ganado para establecer sistemas de finalización del ganado y así evitar la venta de becerros, lo cual representa una pérdida importante para los ganaderos. Además, es fundamental promover el rescate y mejoramiento participativo de prácticas agroecológicas tradicionales de producción de carne y leche de las regiones de clima tropical de México y mejorar el autoabasto de alimentos de calidad de las familias campesinas vulnerables.

En el presente estudio Alcaraz-Guillén *et al.* (2024) suplementaron becerros de raza Simbrah, 8 a 10 meses de edad, con un peso vivo promedio de  $192.15 \pm 28.44$  kg, con 300, 500 y 700 g MS/d de hojas de guásimo *Guazuma ulmifolia* deshidratadas al sol (Fig. 3). Las dietas experimentales tuvieron mismo nivel de energía y proteína (isoenergéticas e isoproteicas, respectivamente) y se elaboraron con sorgo molido, melaza, canola, pasta de soya, salvado de trigo y hojas secas de *G. ulmifolia* (Tabla 2).

*“El uso de recursos forrajeros ricos en taninos y fenoles disminuyen la producción de gases de efecto invernadero en condiciones controladas.”*



Figura 3. Becerros Simbrah alimentados con árboles forrajeros.

Tabla 2. Ingredientes de las dietas de becerros de la raza Simbrah en crecimiento en Tafetán, en la región de Tierra Caliente, Michoacán, México.

	Control	Inclusión de caulote (g MS/d)		
	0	300	500	700
Ingrediente	kg de MS/día			
Pasto nativo	2.00	2.00	2.00	2.00
Sorgo molido	2.10	1.80	1.75	1.70
Melaza	0.50	0.50	0.50	0.50
Canola	0.10	0.10	0.10	0.14
Pasta de soya	0.20	0.15	0.11	0.00
Salvado de trigo	0.50	0.50	0.50	0.60
Caulote	0.00	0.30	0.50	0.70
<b>Consumo, kg MS/día</b>	5.94	5.35	5.46	5.64

Aporte de proteína de caulote (*G. ulmifolia*) 12-15 %, Aporte de proteína de soya 44 %, por tanto, mayor precio en el mercado y limitación de uso en ganado.

Alcaraz-Guillén *et al.* (2024) no encontraron diferencias en el peso inicial y el peso final entre los grupos de becerros ( $P>0.05$ ), mientras que la ganancia de peso fue mayor cuando se adicionaron 300 g de hojas de *G. ulmifolia* en la dieta ( $P<0.05$ ), registrándose una ganancia de 27.4 kg durante la suplementación. Esto representó una ganancia de peso por día de alrededor de 1000 g por becerro en crecimiento (Tabla 3). La adición de una cantidad superior a 300 g/d de *G. ulmifolia* redujo la ganancia de peso del ganado, posiblemente por una mayor cantidad de taninos y fenoles totales que alteran el microbiota del rumen haciendo menos eficiente el uso de nutrientes (Cardoso-Gutiérrez *et al.* 2021).

Tabla 3. Comportamiento productivo de becerros Simbrah en Tierra Caliente, Michoacán suplementados con hoja de *Guazuma ulmifolia* en la dieta.

Tratamiento (inclusión de <i>G. ulmifolia</i> , MS g/d)	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Ganancia de peso (kg)	Ganancia de peso por día (g)
0 g/d	189.2	214.0 <sup>a</sup>	24.8 <sup>a</sup>	900 <sup>a</sup>
300 g/d	187.8	215.2 <sup>a</sup>	27.4 <sup>b</sup>	1000 <sup>a</sup>
500 g/d	198.0	215.0 <sup>a</sup>	17.0 <sup>c</sup>	600 <sup>b</sup>
700 g/d	188.6	209.0 <sup>a</sup>	15.4 <sup>c</sup>	550 <sup>b</sup>

<sup>abc</sup>Indican diferencias entre tratamientos,  $P<0.05$

## Conclusión

Los resultados del presente estudio sugieren que la suplementación con *Guazuma ulmifolia* es una alternativa sustentable para alimentar al ganado bovino productor de carne para las regiones de clima tropical, y lograr ganancias de peso importantes para llevarlos a la finalización y con ello aumentar las ganancias de peso de los ganaderos al no venderlos como becerros. Así mismo, el uso del follaje de árboles tropicales permite reducir los costos de producción al reemplazar alimentos como la pasta de soya, la cual se importa desde el extranjero representando una huella importante de carbono que se suma a las emisiones de metano.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación por el apoyo del proyecto clave CONACYT 317413 “Rescate y mejoramiento participativo de prácticas agroecológicas tradicionales de producción de carne y leche de las regiones de clima tropical de México para mejorar el autoabasto de alimentos de calidad de las familias campesinas vulnerables”

## Referencias

- Aguirre-Ortega J, Bonilla-Cárdenas J, Carrillo-Díaz F, Herrera-Corredor A, Escalera-Valente F, Rivas-Jacobo M y Martínez-González S. 2015. Alternativas para ganadería ante el cambio climático en Nayarit. *Abanico Veterinario* 5:28-37.
- Alcaraz-Guillén JV, Herrera-Camacho J, Bautista-Hernández MA, y Castelán-Ortega OC. 2024. Comportamiento productivo de becerros F1 suplementados con caulote (*Guazuma ulmifolia* lam.) en la dieta. *Ciencia y Tecnología ITESCAM Calkiní* 3(S2):57.
- Bonilla-Cárdenas JA y Lemus-Flores C. 2012. Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático: revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 3:215-246.
- Cabrera-Núñez A, Lammoglia-Villagomez M, Alarcón-Pulido S, Martínez-Sánchez C, Rojas-Ronquillo R y Velázquez-Jiménez S. 2019. Árboles y arbustos forrajeros utilizados para la alimentación de ganado bovino en el norte de Veracruz, México. *Abanico Veterinario* 9:e913.
- Cardoso-Gutierrez E, Aranda-Aguirre E, Robles-Jimenez LE, Castelán-Ortega OA., Chay-Canul AJ, Foggi G, Angeles-Hernandez JC, Vargas-Bello-Pérez E y González-Ronquillo M. 2021. Effect of tannins from tropical plants on methane production from ruminants: a systematic review. *Veterinary and Animal Science* 14:100214.
- De la Cruz López CA. 2024. El cambio climático y la ganadería en México. *Elementos* 135: 135-139.
- Enríquez-Quiroz JF, Esqueda Esquivel VA y Bolaños Aguilar ED. (septiembre 2020). Leguminosas forrajeras para mejorar la alimentación de bovinos en el trópico de México. Desplegable para productores 118. Fecha de consulta 21/06/2025 en [https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/\\_Content?/=12288](https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/_Content?/=12288).
- López-Hernández N. 2015. Clasificación taxonómica, valor nutricional y composición química de nuevas especies arbóreas forrajeras multipropósito en la región de Tierra Caliente, Michoacán. Tesis de Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.
- Molina MVM. 2005. Caracterización de los sistemas de producción de ganado bovino en Tierra Caliente del estado de Michoacán. Tesis de Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.
- Molina-Mercado VM, Gutiérrez-Vázquez E, Herrera-Camacho J, Gómez-Ramos B, Ortiz-Rodríguez R y Santos-Flores J. 2008. Caracterización y modelación gráfica de los sistemas de producción bovina en Tierra Caliente, Michoacán: 1. Bovinos productores de carne. *Livestock Research for Rural Development* 20:195.
- Piñero-Vázquez AT, Canul-Solis JR, Casanova-Lugo F, Chay-Canul AJ, Ayala-Burgos AJ, Solorio-Sánchez FJ, Aguilar-Pérez CF y Ku-Vera JC. 2017. Emisión de metano en ovinos alimentados con *Pennisetum purpureum* y árboles que contienen taninos condensados. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 8:111-119.
- Saadoun A y Cabrera MC. 2016. Nutritional quality of beef: from oxidizability to health promoting value. *Archivos Latinoamericanos De Producción Animal* 24(4):183-187.

- Sandoval-Pelcastre AA, Ramírez-Mella M, Rodríguez-Ávila L y Candelaria-Martínez B. 2020. Árboles y arbustos tropicales con potencial para disminuir la producción de metano en rumiantes. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 23:33.
- Statista (11 septiembre 2024). México: población total desde 2016 hasta 2029. Fecha de consulta 20/06/2025 en <https://es.statista.com/estadisticas/635250/poblacion-total-de-mexico-en-2020/#:~:text=Poblaci%C3%B3n%20total%20de%20M%C3%A9xico%202016%2D2029.%20En%202023%2C,los%20135%20millones%20a%20partir%20de%202027.>
- Vázquez Carrillo MF, Zaragoza-Guerrero R, Corona-Gochi L, González-Ronquillo M, Castillo-Gallegos E y Castelán-Ortega OA. 2023. Evaluation of the effect of *Cymbopogon citratus* on consumption, digestibility, methane emission and energy partition in growing cattle. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 31(S1): 207-212.
- Vázquez-Carrillo MF, Ku-Vera JC, González-Ronquillo M, Castillo-Gallegos E, Kebreab E y Castelán-Ortega OA. 2020. Emisiones de metano por fermentación entérica de la ganadería bovina de México: la importancia de contar con inventarios nacionales precisos y de estrategias viables de mitigación. *Elementos para Políticas Públicas* 4:13-26.
- Zertuche-Rodríguez J, Gurría-Treviño Francisco J, Ortega-Reyes L, González-Padrón MA y Mora-Olivo A. 2018. Manual de identificación de árboles y arbustos forrajeros en Tamaulipas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Ciudad Victoria, Tamaulipas. 77 pp.
- Alcaraz-Guillén JV, Herrera-Camacho J, Castelán-Ortega OA, Bautista-Hernández MA. 2025. Árboles forrajeros: aliados en la producción animal y mitigación de gases de efecto invernadero. *Bioagrociencias* 18 (2): 39-47.  
DOI: <http://doi.org/10.56369/BAC.6408>