

Evaluación de pulpa de totumo (*Crescentia cujete* L), matarratón (*Gliricidia sepium*) y sal (*Cloruro de sodio*) en la formulación de un ensilaje para el incremento del contenido protéico como alternativa en alimentación bovina



Oswaldo Utria, Pedro Meza-Castellar & Luis F. Bossa

Programa de Ingeniería Química, Universidad de San Buenaventura, Cartagena, Colombia

Para citas: O. Utria, P. Meza-Castellar, L. Bossa, "Evaluación de pulpa de totumo (*Crescentia cujete* L), matarratón (*Gliricidia sepium*) y sal (*Cloruro de sodio*) en la formulación de un ensilaje para el incremento del contenido protéico como alternativa en alimentación bovina", *Ing-NOVA*, vol. 2, no. 1, pp. 34-42, Ene. 2023. <https://doi.org/10.32997/rin-2023-4261>

Recibido: 01 de diciembre de 2022

Revisado: 21 de diciembre de 2022

Aprobado: 10 de enero de 2022

Autor de correspondencia:

Luis F. Bossa

luis.bossa@usbctg.edu.co

Editor: Miguel Ángel Mueses. Universidad de Cartagena-Colombia.

Copyright: © 2023. O. Utria, P. Meza-Castellar, L. Bossa. Este es una editorial de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> la cual permite el uso sin restricciones, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre y cuando que el original, el autor y la fuente sean acreditados.



RESUMEN

Debido a los problemas asociados al cambio climático global (extensos periodos de sequía y lluvia), durante los periodos de sequía, los bovinos producidos en la región Caribe colombiana presentan notable pérdida de masa muscular y los niveles de producción de leche se reducen provocando un impacto negativo que afecta la seguridad alimentaria de la región. Para lograr mitigar dicha problemática se ha propuesto evaluar el efecto que posee la adición de *Gliricidia sepium* (matarratón) y *cloruro de sodio* en la formulación de un ensilaje a partir de la pulpa de *Crescentia cujete* (totumo) como alternativa en la alimentación bovina. El estudio se realizó en el laboratorio de Ingeniería de Alimentos de la Universidad de San Buenaventura, Cartagena-Colombia, bajo condiciones ambientales controladas, temperatura 27°C y humedad relativa del 65%. Las hojas de matarratón se dejaron 24 horas bajo el efecto de la radiación solar (4.75 KWh/m²) para disminuir el contenido de humedad. La radiación solar fue evaluada con un medidor de luz Uv, modelo ST9620. Posteriormente fueron trituradas, molidas (molino corona ref. L14200) y tamizadas (tamizador W.S. Tyler-RX-86, malla #12). La pulpa de totumo fue obtenida de frutos frescos, recolectados 2 días antes de su uso para garantizar su calidad nutricional y fue usada sal de mesa convencional. Fueron usados recipientes cilíndricos de altura 11 cm y diámetro 6 cm completamente cerrados para garantizar condiciones anaeróbicas durante el ensilaje. El desarrollo experimental se realizó teniendo en cuenta un diseño experimental factorial 2^K, con los siguientes tres factores (A: tiempo de ensilaje, B: concentración de matarratón y C: concentración de sal) para evaluar como variable respuesta el contenido proteico del ensilaje. Para la determinación del contenido de proteína cruda fue usado el método AOAC, Ed. 20, 2016 984.13KJELDAH. Desde el punto de vista nutricional la pulpa de totumo con 15 días de ensilado, 10% en masa de matarratón y 1% en masa de NaCl podría ser considerada como una buena alternativa para la alimentación bovina.

Palabras clave: *Crescentia cujete* (totumo); pulpa; *Gliricidia sepium* (matarratón); *cloruro de sodio*; ensilaje.

Evaluation of Totumo pulp (*Crescentia cujete* L), matarratón (*Gliricidia sepium*) and salt (*sodium chloride*) in the formulation of a silage to increase the protein content as an alternative in bovine feeding

ABSTRACT

Due to the problems associated to global climate change during dry periods, bovines produced in the Colombian Caribbean region show a significant loss of muscle mass; also, milk production levels are reduced, causing a negative impact that affects the food security of the region. In order to mitigate this problem, it has been proposed to evaluate the effect of the addition of *Gliricidia sepium* (matarratón) and *sodium chloride* in the formulation of silage from *Crescentia cujete* (totumo) pulp as an alternative in bovine feeding. The study was carried out in the Food Engineering laboratory of the University of San Buenaventura, Cartagena-Colombia. The matarratón leaves were left under the effect of solar radiation for 24 hours to reduce the moisture content, then they were crushed, ground (crown mill ref. L14200) and sieved (W.S. Tyler-RX-86 sieve, mesh #12). The totumo pulp was obtained from fresh fruits, collected 2 days before its use to guarantee its nutritional quality and conventional table salt was used. Cylindrical containers of height 11 cm and diameter 6 cm completely closed were used to guarantee anaerobic conditions. The experimental development was carried out considering a 2K factorial experimental design, with the following three factors (A: time, B: *Gliricidia sepium* concentration and C: salt concentration) to evaluate the protein content of the silage as a response variable. For the determination of the crude protein content, the AOAC, Ed. 20, 2016 984.13KJELDAH method was used. From the nutritional point of view, totumo pulp with 15 days of silage, 10% by mass of *Gliricidia sepium* and 1% by mass of NaCl could be considered a good alternative for bovine feeding.

Keywords: *Crescentia cujete* (totumo); Pulp; *Gliricidia Sepium*, *Sodium Chloride*; Silaje.

1. INTRODUCCIÓN

El acceso a fuentes de proteína, así como su alto costo, son dos problemas a los cuales se ven enfrentados la mayoría de los productores agropecuarios de escasos recursos, razón por la cual se viene considerando el uso de fuentes alternativas de proteína en la alimentación de ganado, principalmente fuentes de origen vegetal [1].

El ensilaje se define como el proceso fermentativo de manera anaerobia de carbohidratos solubles que se encuentran en forrajes para producir ácido láctico. Esta estrategia se aplica para almacenar alimentos en tiempos de cosechas, llevando a cabo su conservación y mejorando propiedades tales como su palatabilidad, permitiendo llevar a cabo la mejora de la carga animal por hectárea [2].

La especie *Crescentia cujete* L., conocida comúnmente como árbol de totumo se encuentra presente de manera silvestre en Centroamérica y Suramérica. Puede reproducirse de dos maneras: por semilla y por esquejes. Sus características físicas principales en promedio se asocian a una altura de ocho metros, un diámetro de 25 centímetros y la producción máxima de fruto por cada árbol a partir del octavo año es de 27 Kg. El totumo puede demorar entre 5 y 7 meses para completar su proceso de cosecha. Es una especie poco aprovechada en Colombia a pesar de que presenta buenas características en términos de sus componentes fisicoquímicos y nutricionales para diversos usos agroindustriales [3].

Dentro de la composición química la pulpa cruda del totumo contiene los siguientes componentes: ácidos orgánicos dentro de los cuales se listan el cianhídrico, clorogénico, cítrico, crecéntico, tánico y

tartárico, también se pueden encontrar alcaloides cuaternarios, polifenoles y cromóforos lipófilos. En las hojas y el tallo luego de un tamizaje fitoquímico se determinó la presencia de alcaloides cuaternarios, esteroides insaturados y polifenoles. También fue posible la determinación de azúcares (2.6%), proteínas (8%) y aceites esenciales (37%) similares al aceite de oliva en cuanto a su composición fisicoquímica. De manera general el análisis de 100 g de semilla presentes en el fruto del totumo contiene: 530 calorías, agua (3.4 g), proteína (30.2 g), grasa (39.7 g), carbohidratos totales (22.9 g), fibra (2.4 g), ceniza (3.8 g), calcio (50 mg), fósforo (968 g), hierro (9.4 mg), carotenos (20 µg), tiamina (0.73 mg), riboflavina (0.12 mg) y niacina (0.9 g) [4].

El matarratón (*Gliricidia sepium*) es una leguminosa arbustiva de alto contenido nutricional, utilizada en la alimentación de ganado. Sin embargo, tiene una baja palatabilidad y no puede ser almacenada como producto fresco [5], lo cual limita su uso como fuente de proteína en la alimentación animal.

Con el fin de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático se han venido implementado estrategias guiadas a mitigar el impacto ambiental generado por la producción de metano entérico en la industria de la ganadería. Entre estas estrategias se encuentra la incorporación de plantas tropicales en la alimentación de ganado capaces de suministrar proteína en épocas de sequía [6].

La formulación de ensilaje con la adición de diferentes especies vegetales, se ha propuesto como un tema de investigación con altos potenciales de aplicabilidad en el sector agroindustrial. Debido a lo planteado anteriormente en el presente trabajo de investigación se propone evaluar el efecto que posee la adición de matarratón y cloruro de sodio en la formulación de un ensilaje a partir de la pulpa de totumo como alternativa en la alimentación bovina.

1. Metodología

El presente trabajo de investigación fue desarrollado a partir de la cosecha de los frutos en estado de maduración de *Crescentia cujete* (totumo) y de las hojas de *Gliricidia sepium* (matarratón), obtenidos de árboles pertenecientes a un sistema silvopastoril. Los frutos y hojas se obtuvieron en el municipio de San Cristóbal, departamento de Bolívar con coordenadas (10,39963° N, 75,06640° O) teniendo en cuenta una temperatura promedio de 28°C, humedad relativa del 82%, 8 msnm y precipitaciones superiores a 1008 mm [7].

Las hojas recogidas del árbol de matarratón se dejaron por un periodo de tiempo de 24 horas expuestas a la radiación solar (4.75 KWh/m²) para disminuir el contenido de humedad [7]. La radiación solar fue evaluada con un medidor de luz Uv, marca Smart Sensor, modelo ST9620 durante el mes de septiembre de 2022. Luego de esto se trituraron y se molieron en un molino de granos tradicional marca Corona Ref. L14200 para obtener un material con características granulométricas finas. Posteriormente, fueron sometidas a un proceso de tamizado durante 5 minutos empleando un tamizador W.S. Tyler modelo RX-86 y tamiz con tamaño de malla #12, abertura en pulgadas 0.0661(ASTM E—11-87), logrando así una separación (material tamizado) y homogenización del material con especificaciones granulométricas

adecuadas para el mezclado posterior. Las biomásas fueron mezcladas bajo condiciones ambientales de 27°C y humedad relativa del 65% dentro del laboratorio para garantizar condiciones que puedan ser replicadas en nuevas investigaciones.

Los frutos se recolectaron 2 días antes para evitar que se deshidrataran y perdieran su calidad nutritiva ya que se encontraban maduros, lo cual es un indicativo de que se pueden usar para el ensilaje. Transcurrido este tiempo fueron separados de la corteza, la cual es usada en aplicaciones de tipo artesanal. Los frutos que presentaron algún grado de oxidación (coloración oscura) y/o fermentación fueron excluidos del proceso de ensilaje. Posterior al proceso de selección y clasificación se procedió a macerar la pulpa para lograr una homogeneidad completa en la materia prima. Fueron preparadas 4 tipos de mezclas (1000 g de cada una) con lo cual se pudo obtener un total de 8 tratamientos con sus respectivos duplicados. El tiempo de fermentación para el estudio se definió entre 8 y 15 días [3]. Se realizó un diseño experimental factorial 2^k a través del cual se evaluó el efecto de los factores reportados en la Tabla 1.

Tabla 1. Factores evaluados en el diseño experimental.

Factores	Niveles
Tiempo de ensilaje (A)	8 días (-)
	15 días (+)
Cantidad de matarratón (B)	0 g (-)
	100 g (+)
Cantidad de sal de cocina (NaCl) (C)	0 g (-)
	10 g (+)

Para la formulación de los tratamientos se llevó a cabo la siguiente secuencia de actividades. Ver Tabla 2:

Tabla 2. Tratamientos experimentales para el proceso de ensilaje.

Tratamiento	Tiempo de ensilaje (días)	Pulpa de totumo (g)	Hoja de matarratón (g)	NaCl (g)
1	8	890	100	10
2	8	900	100	0
3	8	990	0	10
4	8	1000	0	0
5	15	890	100	10
6	15	900	100	0
7	15	990	0	10
8	15	1000	0	0

Las formulaciones obtenidas fueron almacenadas en recipientes cilíndricos de plástico con dimensiones 6 cm de diámetro y 11 cm de altura, con una capacidad de 250 g cada uno. Con el fin de garantizar las condiciones anaerobias en los recipientes, estos fueron llenados hasta el tope con las formulaciones y colocada su respectiva tapa. Una vez transcurridos los tiempos de fermentación se realizó la determinación de proteína cruda a cada uno de los tratamientos. Las materias primas, totumo y matarratón, así como los tratamientos después del proceso fermentativo fueron analizados a través del

método internacional AOAC, Ed. 20, 2016 984.13KJELDAH (Association of Analytical Chemists) para la determinación de proteína cruda [8,9].

2. Resultados y discusión

Los porcentajes de proteína cruda en la muestra de totumo antes de ser sometida al proceso de ensilaje fueron en promedio del 6.66 %. Para la determinación del contenido de proteína cruda fue usado el método AOAC, Ed. 20, 2016 984.13KJELDAH.

Para el incremento del contenido proteico, la pulpa de totumo fue mezclada empleando diferentes tratamientos como se muestra en la Tabla 3, se puede evidenciar que para el tratamiento 1, donde se tuvieron en cuenta la adición de 89% de totumo, 10% de matarratón y 1% de NaCl, se obtuvo el mayor rendimiento del contenido de proteína cruda, con un valor de 13.47% el cual representa aproximadamente el doble del contenido de proteína cruda antes del proceso de ensilaje. Es importante analizar los posibles efectos sinérgicos que se llevan a cabo en este tipo de formulaciones, debido a la importancia de su aplicabilidad y usos en actividades agroindustriales.

La adición de sal en el ensilaje permite contrarrestar los efectos asociados a la degradación de proteínas por la presencia de diferentes tipos de bacterias, debido a que inhibe el crecimiento específico de las bacterias de la especie *Clostridium* y favorece el crecimiento de las especies de bacterias ácido lácticas, las cuales disminuyen el pH del ensilaje, favoreciendo la estabilidad del proceso. Como se puede observar en la Tabla 3, para los tratamientos 1 y 5, con un tiempo de fermentación de 15 y 8 días, respectivamente, se obtuvieron los mayores porcentajes de proteína cruda, lo cual es coherente con lo reportado por diferentes investigaciones relacionadas con el uso de sal de cocina en la formulación de ensilaje con distintas biomasas [10,11].

Tabla 3. Resultados del diseño experimental.

Tratamiento	Contenido de proteína				
	A	B	C	Experimento (%)	Réplica (%)
1	+	+	+	13.13	13.81
2	+	+	-	4.30	4.77
3	+	-	+	3.43	3.65
4	+	-	-	2.98	2.61
5	-	+	+	7.56	7.42
6	-	+	-	6.18	6.32
7	-	-	+	3.85	3.98
8	-	-	-	3.19	3.11

Para el factor asociado al contenido de matarratón en la formulación del ensilaje objeto de estudio, se puede inferir que, al existir un mayor contenido de dicha especie, aumentará el porcentaje de proteína

cruda en la formulación, dado que el matarratón posee dentro de su estructura fitoquímica una concentración de proteína cruda promedio de 16.04 % (evaluada a través del método: AOAC, Ed. 20, 2016 984.13KJELDAH).

Además, esta especie vegetal posee propiedades antimicrobianas que inhiben el crecimiento de bacterias patógenas durante el ensilaje, mejorando los niveles de proteína finales [12]. En la Tabla 3, tratamiento 6, se evidencia, para un tiempo de 8 días (nivel bajo), sin presencia de NaCl, un porcentaje de proteína cruda similar al obtenido en el totumo antes de ser ensilado.

En la Tabla 4 se puede apreciar que los factores B (cantidad de matarratón), C (cantidad de sal) y las interacciones ABC, AC y BC son estadísticamente significativos en la variable respuesta estudiada, contenido de proteína cruda, como se analizó previamente. El efecto multiplicativo en la formulación del ensilaje se ve determinado por la adición de matarratón, debido al contenido de proteína que este posee (Tabla 4), sumado al efecto biocida que presenta el NaCl que permite dar estabilidad al proceso en términos del control de bacterias patógenas y con esto evitar la degradación de las proteínas [13].

Tabla 4. Análisis de varianza del diseño experimental propuesto en el proceso de ensilaje.

Factores	Valor-P
A:Tiempo	0.0882
B:Cantidad de matarratón	0.0000
C:Cantidad de sal	0.0002
AC	0.0029
BC	0.0014
ABC	0.0029

En la Figura 1 se puede observar el diagrama de Pareto estandarizado, donde se aprecia que el factor que mayor incidencia tiene sobre la variable respuesta es el factor B (cantidad de matarratón), lo cual representa un importante aporte a los procesos de formulación de mezclas mejoradas en sistemas de ensilaje, a través del uso de especies vegetales con alto potencial de aprovechamiento en zonas rurales donde existe población de bajos recursos económicos.

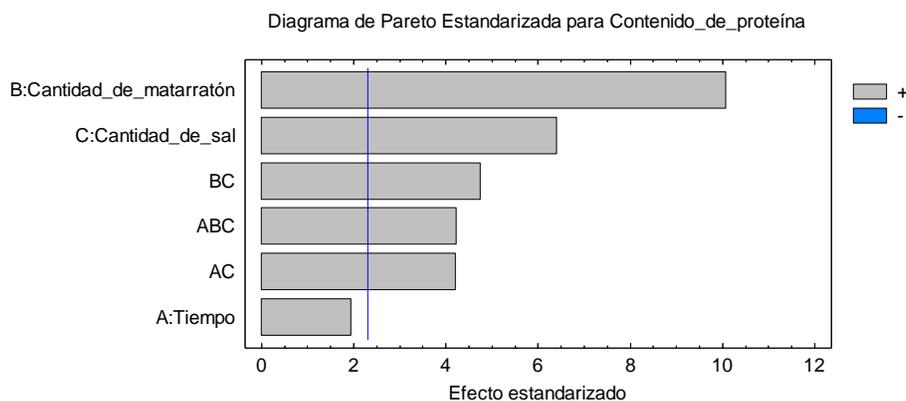


Figura 1. Diagrama de Pareto estandarizado para contenido de proteína en el proceso de ensilaje

Teniendo en cuenta lo anterior, la formulación de ensilajes que contengan totumo, matarratón y sal, no solo permitiría contar con alimento para bovinos en época de sequía por parte de sectores rurales de escasos recursos económicos, sino también contribuir como estrategia de mitigación ante el cambio climático al ser incorporadas estas plantas en sistemas silvopastoriles [14,15]. A su vez, el uso de la especie matarratón está asociada al mejoramiento del proceso digestivo en bovinos, con lo cual se reduce el contenido de metano liberado a la atmósfera, impactando positivamente en la reducción del calentamiento global [16].

Estudios desarrollados sobre suplementación con ensilaje para producción láctea determinan un máximo nivel de proteínas del 3.33 % teniendo en cuenta el totumo como materia prima del proceso [17]. En el caso de la presente investigación los niveles promedios obtenidos de proteína cruda se encuentran en el orden del 13.13%, lo cual se puede explicar por los efectos sinérgicos que se producen por la formulación usada (Totumo, matarratón y NaCl).

3. Conclusiones

El proceso de ensilaje visto desde un punto de vista nutricional representa una buena opción para la alimentación bovina dado el contenido proteico obtenido (13.12 y 6.18 %) en un lapso entre 8 y 15 días teniendo en cuenta el uso de frutos de totumos frescos, la adición de matarratón previamente macerado y tamizado y el uso de NaCl como formulaciones estándares. Se propone ensayar en este tipo de investigaciones, las formulaciones que contengan distintas leguminosas dentro del proceso de ensilaje de totumo para mejorar los contenidos de proteína en los alimentos para bovinos, teniendo en cuenta la problemática asociada al cambio climático donde para largos periodos de sequía es indispensable suministrar alimentos ricos en esta.

Referencias

- [1] A.E. Kholif, T.A. Morsy, G.A. U.Y. Anele Gouda, M.L. Galyean. "Effect of feeding diets with processed Moringa oleifera meal as protein source in lactating Anglo-Nubian goats". *Animal Feed Science and Technology*, vol. 217, pp 45–55, July 2016. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.04.012>
- [2] A. M. Garcés Molina, L. Berrio Roa, S. Ruiz Alzate, J. G. Serna de León, A. F. Builes Arango. "Ensilaje como Fuente de alimentación para el ganado". *Revista Lasallista de Investigación*. Vol. 1, núm. 1, pp.66-71, junio 2004. ISSN: 1794-4449.
- [3] E Flórez. "Evaluación de pulpa de totumo (*Crescentia cujete* L) ensilada en dos estados de maduración como alternativa en alimentación bovina". *Temas agrarios*. Vol 17, pp 44-51, mayo 2012.
- [4] C. E. Recalde Cedeño. "Evaluación de las características físico-químicas de *Crescentia cujete* (TOTUMO) de diferentes zonas de la provincia de Los Ríos, con la finalidad de proponer su aprovechamiento agroindustrial". Tesis de grado. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Los Ríos-Ecuador. 2015.
- [5] E. Winarti, A. Gunawan, A. Sofyan, C.A. Wirasti, C.T. Noviandi, A. A. Panjono, K.J. Harper, D.P. Poppi. "Improving live weight gain in Ongole crossbred bulls through processing of *Gliricidia sepium* leaf meal and cassava in a

- supplement concentrate". *Animal Feed Science and Technology*, vol. 292, 115401, october 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115401>
- [6] J. C. Ku-Vera, O. A. Castelán-Ortega, F. A. Galindo-Maldonado, C. N. Arango, J., R. Jiménez-Ocampo, S. S. Valencia-Salazar, E. J. Flores-Santiago, M. D. Montoya-Flores, Molina-Botero, I. C. Pineiro-Vázquez, A. T. Arceo-Castillo, J. I., Aguilar-Pérez, C. F., Ramírez-Avilés, F. J. Solorio-Sánchez. "Review: Strategies for enteric methane mitigation in cattle fed tropical forages". *Animal*, 14, S3, pp s453–s463, 2020. Doi: 10.1017/S1751731120001780.
- [7] "Instituto de hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)" (2023). Disponible en: Atlas Interactivo - Climatológico - IDEAM.
- [8] S. Lotfi, Y. Rouzbehan, H. Fazaeli, M.T. Feyzbakhsh, J. Rezaei. "The nutritional value and yields of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) cultivar silages compared to silage from corn (*Zea mays*) harvested at the milk stage grown in a hot-humid climate". *Animal Feed Science and Technology*, vol. 289, july 2022, 115336. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115336>
- [9] Z. Wu, C. Liang, R. Huang, J. Ouyang, L. Zhao, D. Bu. "Replacing alfalfa hay with paper mulberry (*Broussonetia papyrifera* L.) silage in diets do not affect the production performance of the low lactating dairy cows". *Animal Feed Science and Technology*, vol. 294, december 2022, 115477. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115477>
- [10] Q. Lu, Z. Wang, D. Sa, M. Hou, G. Ge, Z. Wang, Y. Jia. "The Potential Effects on Microbiota and Silage Fermentation of Alfalfa Under Salt Stress". *Frontiers in Microbiology*, vol. 12, October 2021, 688695. Doi: 10.3389/fmicb.2021.688695.
- [11] S.Ergin. H. Gumus. "Silaje quality, fermentation dynamics and chemical composition of alfalfa silage prepared with salt and lactic acid bacteria inoculants". *Animal nutrition and feed technology*, vol. 20, pp 367-380. Doi: 10.3389/fmicb.2021.688695.
- [12] Da Silva Brito, G.S.M., Santos, E.M. Araújo, G.G. Oliveira, J.S. Zanine, A.M. Perazzo, A.F. Campos, F.S. Oliveira Lima, A.G.V. Cavalcanti. "Mixed silages of cactus pear and gliricidia: chemical composition, fermentation characteristics, microbial population and aerobic stability". *Scientific Reports*, vol. 10, 6834. Doi: 10.1038/s41598-020-63905-9.
- [13] A.P.D. Oliveira, A.R. Bagaldo, D.R.S. Loures, L.R. Bezerra, S.A. Moraes, S.M. Yamamoto, F.L. Araújo, L.G. Cirne, R.L. Oliveira. "Effect of ensiling gliricidia with cassava on silage quality, growth performance, digestibility, ingestive behavior and carcass traits in lambs". *Animal Feed Science and Technology*, vol. 241, pp 198–209. 2022 Doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.05.004>
- [14] A. M. Herrera, A. C. Leao de Mello, V. X. de Oliveira Apolinario, J. C. B. Dubeux Junior, M. Vieira da Cunha, M. V. Ferreira dos Santos. "Potential of *Gliricidia sepium* (jacq.) Kunth ex Walp. and *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. in silvopastoral systems intercropped with signalgrass [*Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster]". *Agroforest Syst*, vol. 95, pp 1061–1072. April 2021 Doi: DOI:10.1007/s10457-021-00625-7.
- [15] J. Ballesteros-Correa, J. Pérez-Torres. "Silvopastoral and conventional management of extensive livestock and the diversity of bats in fragments of tropical dry forest in Córdoba, Colombia". *Agroforest Syst*, vol. 96, pp 589–601. january 2022. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10457-021-00698-4>

- [16] I. S. Molina-Botero, J. Arroyave-Jaramillo, S. Valencia-Salazar, R. Barahona-Rosales, C. F. Aguilar-Pérez, A. Ayala Burgos, Arango, J. C. Ku-Vera. "Effects of tannins and saponins contained in foliage of *Gliricidia sepium* and pods of *Enterolobium cyclocarpum* on fermentation, methane emissions and rumen microbial population in crossbred heifers". *Animal Feed Science and Technology*, vol. 251, pp 1–11, may 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.01.011>
- [17] R. D. Castañeda-Serrano, J. F. González-Bermeo, A. M. Velez-Giraldo. "Suplementación con ensilaje de frutas envacas doble propósito: digestibilidad y producción láctea". *Biotechnología en el sector agropecuario y agroindustrial*. Vol 21, No 1, junio 2023. Doi: <https://doi.org/10.18684>
- [18] A. Palmio, A. Sairanen, K. Kuoppala, M. Rinne. "Milk production potential of whole crop faba bean silage compared with grass silage and rapeseed meal". *Livestock Science*, vol. 259, 104881, may 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104881>