

Efectos de extractos de plantas arbustivas de trópico seco en la producción animal: rumiantes. Una revisión

Effects of dry tropic shrub plant extracts in animal production: ruminants

Jesús Alejandro Botero Giraldo¹, Alejandra Maria Velez Giraldo²

Resumen

Las plantas como organismos autótrofos, además de realizar el metabolismo primario que se presenta en todos los seres vivos, poseen un metabolismo secundario que les permite producir y acumular una gran variedad de compuestos de naturaleza química. Los estudios sobre estos metabolitos secundarios en plantas han estado en aumento durante los últimos cincuenta años y se han permitido clasificar estos metabolitos basándose en sus características químicas, origen vegetal u origen biosintético; en esta clasificación, han encontrado los terpenos, compuestos fenólicos, glicósidos y alcaloides. Las plantas arbóreas presentan un elevado contenido de metabolitos secundarios, aquellos que bajo ciertas circunstancias pueden causar diversos efectos en los rumiantes. Estudios con extractos de plantas como *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Senna spectabilis* y *Pithecellobium dulce* han mostrado tener actividad antibacteriana, antifúngica, antiparasitaria y su utilidad en la manipulación de algunos procesos metabólicos y alteraciones de la microbiota ruminal permitiendo mejorar la fermentación, el metabolismo del nitrógeno y reducción en la producción de metano, trabajos que evidencian la amplia gama de moléculas bioactivas de origen natural que pueden ser utilizadas para combatir problemáticas existentes en los sistemas de producción de rumiantes.

Palabras claves: Metabolitos secundarios, Bioactivo, Antimicrobiano, Aditivo (FAO).

Summary

Plants, as autotrophic organisms, besides performing the primary metabolism experienced in all living beings, have a secondary metabolism that allows them to produce and accumulate a great variety of chemical compounds. Studies on these secondary metabolites in plants have been increasing over the last fifty years, and these metabolites have been classified based on their chemical characteristics, plant origin or biosynthetic origin; in this classification, they have found terpenes, phenolic compounds, glycosides and alkaloids. Tree plants have a high content of secondary metabolites - those that under certain circumstances can cause various effects in ruminants. Studies with plant extracts such as *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Senna spectabilis* and *Pithecellobium dulce* have shown antibacterial, antifungal, antiparasitic activity and their benefit in the manipulation of some metabolic processes and alterations of the ruminal microbiota, allowing to improve fermentation. These studies demonstrate the wide range of natural bioactive molecules that can be used to fight against existing problems in ruminant production systems.

Keywords: Secondary metabolites, Bioactive, Antimicrobial, Additive (FAO).

Introducción

Las plantas como organismos autótrofos, además de realizar el metabolismo primario que se presenta en todos los seres vivos, poseen un metabolismo secundario que les permite producir y acumular una gran variedad de compuestos de naturaleza química, llamados metabolitos secundarios, aunque estos compuestos no tienen un papel fundamental en el mantenimiento de las plantas como lo hacen los metabolitos primarios, generan propiedades en la pigmentación, olor, sabor de estas y actúan como medio de defensa contra ataque de insectos, microorganismos y adaptaciones

ambientales adversas; no obstante tienen propiedades bioactivas con efectos farmacéuticos y toxicológicos en humanos y animales (Shanida & Golembiovskaya, 2018).

Si la producción de estos metabolitos por planta a menudo es baja (menos de 1% de la materia seca), y no de forma generalizada, sí se limita a un determinado género de plantas, a una familia e incluso a algunas especies (Akula & Ravishankar, 2011). Durante muchos años estos compuestos se han utilizado para la fabricación de medicamentos y conservación de alimentos. Particularmente para los rumiantes se han encontrado estudios sobre el efecto antimicrobiano,

antifúngico, antihelmíntico, **demostrándose** también su utilidad en la manipulación de algunos procesos metabólicos y alteraciones de la microbiota ruminal **permitiendo** mejorar la fermentación, el metabolismo del nitrógeno y reducción en la producción de metano (Fikry, Khalil & Salama, 2019).

Las especies arbustivas han sido muy poco aprovechables, sin embargo son plantas que se encuentran de manera abundante en el trópico colombiano, en este grupo podemos mencionar la *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Senna spectabilis* y *Pithecellobium dulce*, los cuales contienen una gran variedad de metabolitos secundarios que pueden tener diversos efectos (Varón & Granados, 2012); por tal motivo, se hace necesario realizar una revisión actualizada, con el objeto de identificar el potencial de estas plantas, sus metabolitos y los efectos descritos en la producción animal.

Metabolitos secundarios en plantas arbóreas

En la producción animal, la mayoría de las propiedades de los metabolitos secundarios se encuentran relacionados con efectos antimicrobianos, antifúngicos y antiparasitarios (Bodas et ál., 2012); a continuación, haremos una descripción de esas características.

Efectos antimicrobianos

Se ha encontrado que los flavonoides actúan a través de la inhibición de la membrana

citoplasmática; los terpenoides interrumpen la formación de la membrana celular; los cumarínicos reducen la respiración celular y los taninos actúan a nivel de membrana (Paiva et ál., 2010). Los metabolitos mencionados anteriormente son sintetizados de manera natural por una serie de especies arbóreas de gran importancia en la alimentación de rumiantes de trópico bajo; por tal razón, en los últimos años se vienen desarrollando investigaciones que detallan de mejor manera el efecto de estas especies vegetales sobre los diferentes tópicos de la producción animal (Bodas et ál., 2012).

La *Leucaena leucocephala* es una de estas especies, común en el trópico seco de la cual ya se han descrito algunos efectos, como lo describen Aderibigbe et ál. (2011). Ellos realizaron la extracción de aceite de semilla de *L. leucocephala* en la cual tenían como objetivo probar su actividad antimicrobiana sobre cuatro bacterias (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas aeruginosa*); este ensayo en general mostró mayor actividad contra *E. coli*, mientras que el menor efecto lo presentó frente al *S. Aureus*. Resultados similares reportan Nazli et ál. (2008) utilizando extracto de hojas de *Gliricidia sepium*, en el que esta especie presentó un mejor efecto antimicrobiano frente a la especie *Escherichia coli* en comparación con la *S. aureus*, *Pseudomonas spp.*, *Salmonella typhi*, *Klebsillia spp.* Del mismo modo, Beena & Joji Reddy (2010) reportaron un efecto superior en cuanto a número de especies utilizando aceite de hoja y flor de *G. Sepium*; específicamente este efecto lo obtuvieron frente a 10 cepas bacterianas (*Bacillus cereus*,

Enterobacter Faecalis, *Salmonella paratyphi*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Streptococcus faecalis*, *Proteus vulgaris*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Serratia marcescens*), mientras que el aceite de flor tuvo un mejor efecto en comparación al aceite de la hoja.

En otro trabajo, Kumar et ál. (2013) evaluaron el efecto antimicrobiano de la hoja de payande (*Pithecellobium dulce*) frente a las mismas bacterias incluidas *Enterococcus faecalis*, *Micrococcus luteus*, *Aeromonas hydrophila*, *Alcaligenes faecalis*, *Enterobacter aerogenes*, *Klebsiella pneumoniae*, y *Salmonella typhimurium*; en este estudio se prepararon extractos foliares de *P. dulce* en agua y disolventes orgánicos de benceno, cloroformo, acetona y metanol; en los resultados encontraron que los extractos de benceno y cloroformo tuvieron mayor actividad antimicrobiana contra todas las cepas bacterianas allí evaluadas (Gram positivas, Gram negativas). En este trabajo también se realizó un análisis fitoquímico de los diferentes extractos que reveló presencia de alcaloides, antraquinonas, flavonoides, glucósidos cardíacos, taninos y terpenoides los cuales podrían ser los responsables de esta actividad antimicrobiana.

Siguiendo las investigaciones Ramírez et ál. (2015), utilizando las hojas de la especie *Guazuma ulmifolia*, obtuvieron extractos crudos con hexano, diclorometano y metanol con el objeto de determinar la actividad antimicrobiana frente a dos especies de bacterias *Xanthomonas campestris* y *Pseudomonas aeruginosa* en donde reportaron que el extracto con hexano tuvo una disminución de las dos cepas bacterianas,

seguido del extracto con diclorometano y el extracto disuelto en metanol fue el que demostró un menor efecto contra *X. campestris* y en menor medida que con las *P. aeruginosa*. Con lo anterior se puede demostrar el potencial antimicrobiano que tienen las especies arbustivas aquí mencionadas en el presente documento; sin embargo, la actividad microbiana varía frente a determinados microorganismos, pues es dependiente del tipo de planta, parte de la planta y la forma de extracción del extracto o aceite esencial de cada uno de ellas, además de la concentración de metabolitos secundarios y el efecto que puedan llegar a tener.

Efecto antifúngico

Bautista et ál. (2003) realizaron trabajos con extractos acuosos y etanólicos de hojas de *Pithecellobium dulce* para determinar la actividad fungicida e identificar el compuesto activo del extracto contra *Botrytis cinerea*, *Penicillium Digitatum* y *Rhizopus stolonifer*. Los investigadores concluyeron que las propiedades fungicidas se le atribuyen al kaempferol y estas propiedades son dependientes de la parte de la planta y mes de la cosecha, puesto que el efecto fungistático y fungicida más alto para los estudios in vitro e in situ fueron registrados con extractos de hojas recolectadas en meses con condiciones ambientales más estresantes para las plantas. *Guazuma ulmifolia* tiene efectos similares de los extractos de sus hojas, mostrando inhibición del desarrollo micelial en condiciones in vitro contra cepas de *Sclerotium cepivorum* y *Fusarium oxysporum* (Ramírez et ál., 2015). El

aceite de semilla de *Leucaena leucocephala* fue testado contra cuatro hongos *Aspergillus niger*, *Rhizopus stolon*, *Penicillium notatum* y *Candida albicans* y no encontraron ningún tipo de actividad contra estos hongos (Aderibigbe et ál., 2011).

Efecto antiparasitario

Se ha demostrado que la presencia de taninos y terpenoides de varias leguminosas reducen la movilidad y, por consiguiente, la capacidad de supervivencia en larvas de nematodos *Trichostrongylus colubriformis* (Molan et ál., 2000). En un estudio realizado por Pérez et ál. (2014), utilizaron extractos etanólicos de hojas de *Gliricidia sepium* en diferentes concentraciones sobre heces tomadas directamente del recto de ovejas infectadas con nematodos gastrointestinales; lograron demostrar un efecto ovicida, producto de la presencia de saponinas y taninos contenidos en las hojas de *G. sepium*. Puerto et ál. (2014) hallaron actividad del extracto acuoso de *G. sepium* y, así, inhibieron la capacidad de eclosión de huevos de estrongilidos gastrointestinales de ovinos; del mismo modo, en un ensayo realizado por Kabore et ál. (2012) utilizando extracto de *G. sepium* se observó una inhibición de la eclosión de huevos y desarrollo larvario de *Haemonchus contortus* en cabras; efectos similares se han descrito con extractos de hojas de leucaena donde se ha evidenciado reducción de conteo de huevos de *Strongiloides sp.*, *S. papillosus*, *Eimeria spp.* y *Haemonchus contortus* (Hernandez et ál., 2014).

La especie arbustiva *P. dulce* ha mostrado tener efecto en la eclosión y migración de nematodos de las especies *Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus colubriformis* y

Oesophagostomum columbianum (Olmedo et ál., 2014). En una investigación realizada por Júnior et ál. (2016), evidenciaron la actividad antiparasitaria del extracto etanólico de hojas de *Guazuma ulmifolia* frente a la especie *Trypanosoma spp.* Cada una de las especies arbóreas mencionadas en la presente compilación de información ha presentado actividad antiparasitaria frente a un determinado grupo de parásitos gastrointestinales; sin embargo, casi que en su mayoría estos ensayos se han realizado de manera *in vitro*.

Efecto sobre microorganismos ruminales.

Los rumiantes se caracterizan por su capacidad de alimentarse de forrajes; esto se atribuye a la posibilidad de poder degradar hidratos de carbono estructurales del forraje, como celulosa, hemicelulosa y pectina (Suárez & Guevara, 2017). En el rumen habita un gran número de microorganismos encargados de cumplir esta función de degradación; aproximadamente 1011 especies de bacterias por ml de líquido ruminal, 104 protozoarios por ml de líquido ruminal y 103 hongos por ml de líquido ruminal (Morgavi, Janssen & Attwood, 2013).

Para el caso de los protozoos, varios estudios han probado que tanto los taninos como saponinas tienen un efecto sobre la actividad protozoaria y, por tanto, sobre la digestibilidad y la metanogénesis (Patra, 2013). Así lo demostró un estudio realizado de manera *in vitro* por Tan et ál., en 2011, quienes hicieron la extracción de taninos condensados de *Leucaena leucocephala*

y, por ende, disminuyeron el 99% de microorganismos metanogénicos y un 83% en protozoarios con niveles de 20 a 60 mg/g de materia seca del sustrato de taninos; no obstante, la reducción de la población protozoaria no siempre fue proporcional a la disminución de la población metanogénica.

Resultados similares obtuvieron Delgado et ál. (2010) quienes realizaron la extracción con etanol de ocho plantas entre las que se destacan la *leucaena leucocephala* y *Gliricidia sepium*; con ellas, midieron la defaunación ruminal y producción de metano. El análisis fitoquímico indicó la presencia de contenidos especialmente de taninos y saponinas, particularmente; la *L. leucocephala* mostró niveles más altos de taninos condensados que de saponinas. En el estudio, se encontró que las especies *L. leucocephala* y *G. sepium* afectaron negativamente la presencia de protozoarios; sin embargo, estos efectos son variables, pues dependen de la concentración de metabolitos que tengan las plantas evaluadas, origen y niveles de suplementación (Milevskaya, Prasad & Temerdashev 2019). Galindo et ál. (2016) integraron varias especies de arbustivas en donde se encontraban la *leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y *Pithecellobium dulce* y determinaron el efecto de estas sobre la producción de metano y población de protozoos en el rumen. Se hallaron efectos en la disminución de protozoos y, por ende, en la producción metano, puesto que en los animales defaunados tienden a reducir las emisiones de CH₄ debido al incremento en la relación acetato/propionato y en el flujo de células microbianas desde el rumen (Leng, 2014). Entonces, concluyeron que las plantas

evaluadas pueden ser utilizadas en la dieta de rumiantes para reducir la población ruminal de protozoos y, por tanto, de metano, y atribuyeron este efecto en gran medida a la cantidad de metabolitos secundarios que contiene cada una de estas especies.

Con lo que respecta a la actividad antifúngica en el rumen, son pocos los estudios que se han realizado acerca del efecto de los metabolitos secundarios sobre estos microorganismos (Patra & Saxena, 2009). En un trabajo realizado por Barahona et ál. (2006), evaluaron el efecto de los taninos condensados sobre la actividad de las enzimas fibrolíticas del hongo ruminal anaerobio *Neocallimastix hurleyensis* y una esterasa de ácido ferúlico recombinante (FAE) del hongo aeróbico *Aspergillus niger*; la conclusión fue que los taninos condensados de las leguminosas *Desmodium ovalifolium* y *Flemingia macrophylla* tuvieron un efecto más antifúngico en comparación con la especie *Leucaena leucocephala* en el momento de inhibir la actividad de las enzimas fibrolíticas del hongo *Neocallimastix hurleyensis*. Además de esto, los autores concluyeron que estos efectos sobre la actividad enzimática de los hongos depende de la naturaleza del tanino y su asociación con la enzima.

Conclusiones

Las plantas contienen una amplia variedad de moléculas bioactivas, llamadas metabolitos secundarios, que han mostrados tener propiedades antimicrobianas, antifúngicas, antiparasitarias y en microorganismos ruminales. Con base en esto se ha generado

extracto de ciertas plantas para comprobar el tipo de efecto que tienen, especialmente en los rumiantes puesto que los efectos de estos metabolitos dependen de la dosis, estructura química de la planta y peso molecular.

En esta revisión se realizó una recopilación de estudios que se han ejecutado con la utilización de extractos de *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Senna spectabilis* y *Pithecellobium dulce*; dichas especies son muy utilizadas en la producción de rumiantes, de las cuales se ha demostrado tienen actividades antimicrobianas, antifúngicas, antiparasitarias y en microorganismos ruminales.

Referencias bibliográficas

- Aderibigbe, S. A., Adetunji, O. A., & Odeniyi, M. A. (2011). Antimicrobial and pharmaceutical properties of the seed oil of *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit (Leguminosae). *African Journal of Biomedical Research*, 14(1), 63-68.
- Akula, R., & Ravishankar, G. A. (2011). Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant signaling & behavior*, 6(11), 1720-1731.
- Bautista-Baños, S., García-Dominguez, E., Barrera-Necha, L. L., Reyes-Chilpa, R., & Wilson, C. L. (2003). Seasonal evaluation of the postharvest fungicidal activity of powders and extracts of huamuchil (*Pithecellobium dulce*): action against *Botrytris cinerea*, *Penicillium digitatum* and *Rhizopus stolonifer* of strawberry fruit. *Postharvest biology and technology*, 29(1), 81-92.
- Been, J., Joji Reddy, (2010). Evaluation of antibacterial activity of the leaf and flower essential oils of *Gliricidia sepium* from south India. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 2(2), 20-22.
- Bodas, R., Prieto, N., García-González, R., Andrés, S., Giráldez, F. J., & López, S. (2012). Manipulation of rumen fermentation and methane production with plant secondary metabolites. *Animal Feed Science and Technology*, 176(1-4), 78-93.
- Barahona, R., Sánchez, S., Lascano, C. E., Owen, E., Morris, P., & Theodorou, M. K. (2006). Effect of condensed tannins from tropical legumes on the activity of fibrolytic enzymes from the rumen fungus *Neocallimastix hurleyensis*. *Enzyme and microbial technology*, 39(2), 281-288.
- Delgado, D. C., Galindo, J., González, R., Savón, L., Scull, I., González, N., & Marrero, Y. (2010). Potential of tropical plants to exert defaunating effects on the rumen and to reduce methane production. *Sustainable Improvement of Animal Production and Health*. Rome: FAO, 49-54.
- Fikry, S., Khalil, N., & Salama, O. (2019). Chemical profiling, biostatic and biocidal dynamics of *Origanum vulgare* L. essential oil. *AMB Express*, 9(1), 1-10.
- Galindo, J., González, N., Marrero, Y., Sosa, A., Ruiz, T., Febles, G., ... & Noda, A. C. (2016). Effect of tropical plant foliage on the control of methane production and in vitro ruminal protozoa population. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 48(4).
- Hernandez, P. M., Salem, A. Z., Elghandour, M. M., Cipriano-Salazar, M., Cruz-Lagunas, B., & Camacho, L. M. (2014). Anthelmintic effects of *Salix babylonica* L. and *Leucaena leucocephala* Lam. extracts in growing lambs. *Tropical Animal Health and Production*, 46(1), 173-178.
- Junior, J. T. C., de Moraes, S. M., Gomez, C. V., Molas, C. C., Rolon, M., Boligon, A. A., ... & Douglas, M. C. H. (2016). Phenolic composition and antiparasitic activity of plants from the Brazilian Northeast "Cerrado". *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23(3), 434-440.
- Kabore, A., Traore, A., Nignan, M., Gnanda, B. I., Bamogo, V., Tamboura, H. H., & Bélem, A. M. G. (2012). In vitro anthelmintic activity of *Leuceana leucocephala* (Lam.) De Wit.(Mimosaceae) and *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud (Fabaceae) leave extracts on *Haemonchus contortus* ova and larvae. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 4(1), 303-309.
- Kumar, M., Nehra, K., & Duhan, J. S. (2013). Phytochemical analysis and antimicrobial efficacy of leaf extracts of *Pithecellobium dulce*. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 6(1), 70-76.
- Leng, R. A. (2014). Interactions between microbial consortia in biofilms: a paradigm shift in rumen microbial ecology and enteric methane mitigation. *Animal Production Science*, 54(5), 519-543.
- Milevskaya, V. V., Prasad, S., & Temerdashev, Z. A. (2019). Extraction and chromatographic determination of phenolic compounds from medicinal herbs in the Lamiaceae and Hypericaceae families: A review. *Microchemical Journal*, 145, 1036-1049.
- Molan, A. L., Waghorn, G. C., Min, B. R., & McNabb, W. C. (2000). The effect of condensed tannins from seven herbage on *Trichostrongylus colubriformis* larval migration in vitro. *Folia parasitologica*, 47(1), 39-44.
- Morgavi, D. P., Kelly, W. J., Janssen, P. H., & Attwood, G. T. (2013). Rumen microbial (meta) genomics and its application to ruminant production. *Animal* 7: 184-201. DOI: 10.1017/S1751731112000419.
- Nazli, R., Akhter, M., Ambreen, S., Solangi, A. H., & Sultana, N. (2008). Insecticidal, nematocidal and antibacterial activities of *Gliricidia sepium*. *Pak. J. Bot*, 40(6), 2625-2629.
- Olmedo-Juárez, A., Rojo-Rubio, R., Arece-García, J., Salem, A. Z., Kholif, A. E., & Morales-Almaraz, E. (2014). In vitro activity of *Pithecellobium dulce* and *Lysiloma acapulcensis* on exogenous development stages of sheep gastrointestinal strongyles. *Italian Journal of Animal Science*, 13(4), 3104.
- Paiva, P. M., Gomes, F. S., Napoleão, T. H., Sá, R. A., Correia, M. T. S., & Coelho, L. C. B. B. (2010). Antimicrobial activity of secondary metabolites and lectins from plants. *Current research, technology and education topics in applied microbiology and microbial biotechnology*, 1(2), 396-406.
- Patra, A. K., & Yu, Z. (2013). Effective reduction of enteric methane production by a combination of nitrate and saponin without adverse effect on feed degradability, fermentation, or bacterial and archaeal communities of the rumen. *Bioresource technology*, 148, 352-360.
- Patra, A. K., & Saxena, J. (2009). The effect and mode of action of saponins on the microbial populations and fermentation in the rumen and ruminant production. *Nutrition research reviews*, 22(2), 204-219.
- Patra, A. K., & Saxena, J. (2009). Dietary phytochemicals as rumen modifiers: a review of the effects on microbial populations. *Antonie van Leeuwenhoek*, 96(4), 363-375.
- Pérez-Pérez, C., Hernández-Villegas, M. M., de la Cruz-Burelo, P., Bolio-López, G. I., & Hernández-Bolio, G. I. (2014). Efecto antihelmíntico in vitro del extracto metanólico de hojas de *Gliricidia sepium* contra nemátodos gastrointestinales de ovinos. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 17(1), 105-111.
- Puerto Abreu, M., Arece García, J., López Leyva, Y., Roche, Y., Molina, M., Sanavría, A., & da Fonseca, A. H. (2014). Efecto in vitro de extractos acuosos de *Moringa oleífera* y *Gliricidia sepium* en el desarrollo de las fases exógenas de estrongilidos gastrointestinales de ovinos. *Revista de Salud Animal*, 36(1), 28-34.
- Ramírez Salcedo, H. E., Virgen-Calleros, G., Vargas-Radillo, J. D. J., Salcedo-Pérez, E., & Barrientos-Ramírez, L. (2015). Actividad antimicrobiana in vitro de extractos de hoja de *Guazuma ulmifolia* Lam. contra fitopatógenos. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(27), 114-124.
- Shanaida, M., & Golembiovskaya, O. (2018). Identification and component analysis of triterpenoids in *Monarda fistulosa* L. and *Ocimum americanum* L.(Lamiaceae) aerial parts. *ScienceRise: Pharmaceutical Science*, 3 (13), 26-31.
- Suárez-Machín, C., & Guevara-Rodríguez, C. A. (2017). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* en la alimentación de rumiantes. Revisión bibliográfica. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 51(2), 21-30.
- Tan, H. Y., Sieo, C. C., Abdullah, N., Liang, J. B., Huang, X. D., & Ho, Y. W. (2011). Effects of condensed tannins from *Leucaena* on methane production, rumen fermentation and populations of methanogens and protozoa in vitro. *Animal feed science and technology*, 169(3-4), 185-193.
- Varón, L. E. S., & Granados, J. E. (2012). Interrelación entre el contenido de metabolitos secundarios de las especies *Gliricidia sepium* y *Tithonia diversifolia* y algunas propiedades fisicoquímicas del suelo. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 3(1), 53-62.