

# *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. UNA ESPECIE ARBÓREA MULTIPROPÓSITO PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LOS AGROECOSISTEMAS TROPICALES

## *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. A MULTIPURPOSE ARBOREAL SPECIES FOR THE SUSTAINABILITY OF TROPICAL AGROECOSYSTEMS

Canul-Solís, J.<sup>1</sup>; Alvarado-Canché, C.<sup>1</sup>; Castillo-Sánchez, L.<sup>1\*</sup>; Sandoval-Gío, J.<sup>1</sup>; Alayón-Gamboa, J.<sup>3</sup>; Piñeiro-Vázquez, A.<sup>5</sup>; Chay-Canul, A.<sup>6</sup>; Casanova-Lugo, F.<sup>4</sup>; Ku-Vera, J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Tizimín División de Estudios de Posgrado e Investigación; Final Aeropuerto Cupul S/N, Tizimín, Yucatán. <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Yucatán, Departamento de Nutrición Animal. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Carretera Mérida-Xmatkuil km 15.5. Mérida, Yucatán, México. <sup>3</sup>El Colegio de la Frontera Sur-Unidad Campeche, Departamento de Sistemas de Producción Alternativa. Campeche, México. <sup>4</sup>Instituto Tecnológico de la Zona Maya, División de estudios de Posgrado e Investigación, Carretera Chetumal-Escárcega km.15.5, Ejido Juan Sarabia, Quintana Roo, México. <sup>5</sup>Instituto Tecnológico de Conkal, División de Estudios de Posgrado e Investigación., Avenida Tecnológico s/n. Conkal, Yucatán, México. <sup>6</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco División Académica de Ciencias Agropecuarias, Carretera Villahermosa-Teapa, km 25, R/A. La Huasteca 2ª Sección, Villahermosa, Tabasco, México.

\*Autor de correspondencia: hymenopterales@hotmail.com

### ABSTRACT

**Objective:** Review the various uses and applications of *Gliricidia sepium* in tropical agroecosystems.

**Design/methodology/approach:** In this article we reviewed literature on *Gliricidia sepium* from the last 20 years, focusing on those publications that present results on uses, applications and ecosystem services; in order to provide relevant information in tropical agroecosystems.

**Results:** We find that *Gliricidia sepium*, is an arboreal species that presents diverse alternatives of use within agroecosystems, that allow to improve livestock production, management in the control of pests and diseases in various crops, supports the symbiotic fixation of nitrogen and therefore, it presents diverse important ecosystem services in tropical agroecosystems.

**Limitations of the study/implications:** Although it is considered an important plant in animal feed and with diverse ecosystem services, little relevant information was found on the effect of secondary metabolites on other organisms and the value it presents in the interaction with other living beings.

**Findings/Conclusions:** The inclusion of *Gliricidia sepium* can contribute to improve sustainability in tropical agroecosystems, because it provides ecological benefits in agroecosystems; contributes to improve the quality of the diet for the animals; In addition, it represents a viable option for the biological control of insect pests through the use of extracts for this purpose.

**Keywords:** environmental services, carbon capture, ruminants, forage.

## RESUMEN

**Objetivo:** Revisar los diversos usos y aplicaciones que posee *Gliricidia sepium* en los agroecosistemas tropicales.

**Diseño/metodología/aproximación:** En este artículo revisamos literatura sobre *Gliricidia sepium* de los últimos 20 años, enfocándonos en aquellas publicaciones que presentan resultados sobre usos, aplicaciones y servicios ecosistémicos; con la finalidad de aportar información de relevancia en los agroecosistemas tropicales.

**Resultados:** Encontramos que *Gliricidia sepium*, es una especie arbórea que presenta diversas alternativas de uso dentro de los agroecosistemas, que permiten mejorar la producción ganadera, el manejo en el control de plagas y enfermedades en diversos cultivos, apoya en la fijación simbiótica de nitrógeno y por ende, presenta diversos servicios ecosistémicos importantes en los agroecosistemas tropicales.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** Aunque se considera una planta importante en la alimentación animal y con diversos servicios ecosistémicos, se encontró poca información relevante sobre el efecto que presentan los metabolitos secundarios sobre otros organismos y el valor que presenta en la interacción con otros seres vivos.

**Hallazgos/conclusiones:** La inclusión de *Gliricidia sepium* puede contribuir a mejorar la sustentabilidad en los agroecosistemas tropicales, porque aporta beneficios ecológicos en los agroecosistemas; contribuye a mejorar la calidad de la dieta para los animales; además, representa una opción viable para el control biológico de insectos plagas a través del uso de extractos para tal fin.

**Palabras clave:** servicios ambientales, captura de carbono, rumiantes, forraje.

es describir las evidencias del uso de *G. sepium* en la sustentabilidad de los agroecosistemas en el trópico.

La producción de follaje de *G. sepium* en cercas vivas, se ha reportado hasta de 6.2 t MS ha año<sup>-1</sup> cortada cada 90 d (Pedraza y Gálvez, 2000). Nyoka *et al.* (2012) evaluaron la producción de 14 accesiones de *G. sepium* en cinco sitios en los trópicos (Indonesia y Nigeria) y subtropicos (Australia, Malawi y Zambia) obteniendo rendimientos entre 0.278 y 0.776 t ha mes<sup>-1</sup>. Dulormne *et al.* (2003) registraron una producción promedio de 1.5 t de MS ha<sup>-1</sup> en un sistema silvopastoril compuesto por *G. sepium*+*Dichanthium aristatum* (Poir.) C.E. Hubb., con densidad de 13 000 árboles ha<sup>-1</sup> y podas parciales cada dos meses. En el Oriente de Yucatán, México, al evaluar dos alturas de corte (0.45 y 0.90 m) y tres frecuencias de corte (45, 60 y 75 d) de *G. sepium* en un banco forrajero de dos años, se registró que se puede mejorar la producción a través del manejo de la frecuencia de corte (60 d) en ambas alturas de corte (Ramos *et al.*, 2016). En trabajo similar, Edvan *et al.* (2014) reportaron que la edad de 90 d a 90 cm de altura se produce mayor rendimiento forrajero en *G. sepium* en época de seca y lluvias en el noreste del estado de Ceará en Brasil (5.09 t de MS ha<sup>-1</sup>). En este sentido, cabe enfatizar que la procedencia de *G. sepium*, el ambiente en que se establece y prácticas de manejo son los principales factores que afectan la producción de forraje (Nyoka *et al.*, 2012). Por otra parte, se ha registrado que el contenido de PC de *G. sepium* fluctúa de 220 a 291 g kg<sup>-1</sup> de materia seca (MS) (Kabi y Lutakome, 2013). También se ha encontrado que la edad de *G. sepium* a la cosecha no afecta la calidad

## INTRODUCCIÓN

Los árboles forrajeros leguminosos representan una alternativa para lograr la sustentabilidad en agroecosistemas del trópico (Wise y Cacho, 2005) y son fáciles de integrar en los sistemas de producción ganaderos tradicionales extensivos e intensivos (Ku-Vera *et al.*, 2013). En el trópico existe una elevada diversidad de árboles tropicales para este fin, entre los cuales destacan *Acacia pennatula* (Schltdl. & Cham) Benth., *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Guazuma ulmifolia* Lam., *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., los cuales contienen un contenido de proteína cruda (PC) superior a los pastos tropicales, por lo que estas arbóreas podrían representar una estrategia de suplementación proteica en las épocas de estiaje. En este sentido, *G. sepium* presenta características productivas atractivas para los agroecosistemas tropicales, dentro de las que destaca el perfil de metabolitos secundarios que son utilizados para el control biológico de plagas en cultivos (González-López *et al.*, 2017) y vectores de virus causantes de padecimientos de salud pública (Alvarez *et al.*, 2016). Desde el punto de vista ambiental, la integración de *G. sepium* incrementa la captura de carbono (Villanueva-López *et al.*, 2015) y la fijación biológica de nitrógeno (N), de tal forma que beneficia la calidad del suelo (Rodríguez *et al.*, 2015). Por lo tanto, el objetivo del trabajo

del follaje, lo que podría ser un atributo relevante, dado que no presenta variaciones nutricionales significativas; además, en la época seca, aporta minerales, energía digerible, proteína fermentable y sobrepasante para los rumiantes, que podría ser explicado por el uso eficiente del agua en sistemas agroforestales donde se incluye dicha fabaceae (Chirwa et al., 2007).

### Alimentación de rumiantes

*Gliricidia sepium* es una planta que puede mejorar la calidad nutritiva de la dieta de los rumiantes en el trópico (Ku-Vera et al., 2013). El consumo del follaje de *G. sepium* por rumiantes favorece el crecimiento adecuado de la micro-flora ruminal y la eficiencia de la utilización del forraje de baja calidad al incrementar la digestibilidad de la ración (Castrejón et al., 2016). Contiene saponinas que se utilizan como regulador de la fermentación ruminal, mejora la eficiencia en el uso de la energía de la dieta y reduce emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) ruminal, hasta en un 70% (Silivong et al., 2012). El follaje al evaluarse como fuente de N, en sustitución de harina de pescado y maíz (*Zea mays* L.), en alimento concentrado para cabras, indican una mejora en el consumo de MS y ganancia de peso sin afectar la digestibilidad de la dieta a un menor costo de alimentación comparado a un concentrado comercial (Ondiek et al., 2000). Mata et al. (2006) en cruza de borregos Pelibuey × Black belly en pastoreo de *Cynodon plectostachyus* K. Schum. y suplementados con 200 g de harina de *G. sepium* encontraron valores adecuados de NH<sub>3</sub>-N en el líquido ruminal (11,75 mg d/l). Similarmente, se observó que es posible reemplazar una proporción (250 g) del alimento balanceado ofrecido a cabras West African por hojas de *G. sepium*, sin afectar el comportamiento animal y con consumo de MS de 3.55 a 4.2% del peso vivo (Assalou et al., 2012). Este mismo comportamiento se observó al incluir 20 y 40% del follaje de *G. sepium* en un microsilo, registrando que el consumo de MS se incrementó 74% en ovinos Pelibuey (Pinto et al., 2010).

Abdulrazak et al. (2006) evaluaron el suplemento de *G. sepium* a la dieta base de *Panicum maximum* en cabras y reportaron incremento en el consumo (22.5 g kg<sup>-1</sup> vs. 19.5 g kg<sup>-1</sup>) y la digestibilidad de la dieta base, comparado a sólo *P. maximum* (635 vs. 599 g kg MS<sup>-1</sup>). En borregos Pelibuey en crecimiento (2.5-3.5 meses) se evaluó la inclusión de niveles crecientes de follaje de *G. sepium* y reportan que la suplementación con 30% de follaje de la arbórea no afecta el consumo de MS aumentando la digestibilidad de la PC en la dieta (Avilés et al., 2013). Por su

parte, González et al. (2002) alimentó becerras Holstein en pastoreo de *Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex A. Rich.) Stapf. y suplementadas con un 2% de su peso vivo con una ración de 60% de harina de maíz + 30% de harina de follaje de *G. sepium*, observaron ganancias diarias de peso de 157 g, estos resultados evidencian el uso de este recurso forrajero para mejorar la calidad nutricional de los rumiantes en el trópico.

### Asociaciones con macro y microorganismos del suelo

La mayor superficie de suelos destinados para la ganadería y agricultura convencional se encuentra en proceso de degradación y desertificación, debido a la pérdida de fertilidad asociada con la extracción intensiva de nutrientes, lo que disminuyen su productividad biológica y su capacidad actual o futura para sostener la vida (Oldeman, 1998). En consecuencia, año con año los productores tienen la necesidad de remover la vegetación natural para el establecimiento de nuevas áreas de cultivo. A pesar de lo anterior, el papel de las interacciones con microorganismos del suelo ha sido poco explorado. Al respecto, en un estudio de Huerta y van der Wal (2012) encontraron que la abundancia de *G. sepium* en diferentes regiones muestran una fuerte correlación con la abundancia de lombrices de tierra y que éstas a su vez tienen una correlación significativa con la materia orgánica contenida en el suelo; otros como Knopf et al. (2013) observaron que la interacción de *G. sepium* principalmente con hongos micorrízicos, incrementa la adquisición de nutrientes tales como N y P, y generan protección contra patógenos. Giri (2017) reveló que la inoculación de *G. sepium* con el hongo micorrízico *Rhizophagus fasciculatus* (Thaxt.) C. Walker & A. Schüßler, incrementó significativamente el crecimiento y la biomasa de las plantas en condiciones salinas. *G. sepium* mostró un alto grado de dependencia de la simbiosis micorrízica (cerca del 47%) bajo dichas condiciones.

### Control de plagas

Los diversos metabolitos secundarios que posee *G. sepium*, se han utilizado para el control de plagas. Existen reportes acerca del control de huevos y larvas de *Anopheles stephensi* Liston (Krishnappa et al., 2012), efecto larvicida de *Aedes aegypti* Linnaeus (Alvarez et al., 2016), efecto garrapaticida sobre adultos de *Rhipicephalus microplus* Canestrini (Rodríguez y Pulido, 2015), actividad acaricida contra *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval (Sivira et al., 2011), control de nemátodos gastrointestinales de ovinos (Pérez et al., 2014), así como actividad nematocida contra *Meloidogyne* in-

cognita Kofoid & White (Nazli *et al.*, 2008). Un estudio realizado por González-López *et al.* (2017) en condiciones *in vitro* muestra que los extractos acuosos de *G. sepium* tuvieron una eficacia del 71.4% en el control del *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Asimismo, las larvas expuestas a los extractos acuosos presentaron un menor índice de consumo, crecimiento y utilización del alimento con relación al tratamiento control.

### Reciclaje de nutrientes

*Gliricidia sepium* como cercas vivas aporta hojarasca al suelo, lo que genera un ambiente propicio para el desarrollo de la fauna edáfica: lombrices y coleópteros, benéficos para el ecosistema, porque ayudan en la descomposición de la materia orgánica (González *et al.*, 2013). Akinnifesi *et al.* (2006) al evaluar la sustentabilidad de producción de maíz intercalado con *G. sepium* encontraron que las podas de *G. sepium* y depósito de la biomasa al suelo incrementa la producción de maíz tres veces comparado al monocultivo de la gramínea. De manera similar, Barreto *et al.* (2012) concluyeron que la frecuencia de aprovechamiento (cuatro podas anuales) de *G. sepium* en el sistema de cultivo intercalado en maíz mejora la productividad del cultivo y la calidad del suelo, a largo plazo. Beedy *et al.* (2010) al intercalar *G. sepium* en el cultivo de maíz observó incremento significativo del contenido de materia orgánica del suelo, partículas orgánicas de suelo, la fracción de partículas de materia orgánica en forma de carbón y fracciones de las partículas en forma de N, así como la conductividad eléctrica.

Adicionalmente, se ha reportado que, *G. sepium* contribuye al cicla-

je y reciclaje del P, K, Ca y Mg (Makumba *et al.*, 2006 y 2007). Mweta *et al.* (2007) indican que la adición de follajes de *G. sepium* al suelo bajo sistemas de cultivo intercalado con maíz (*Zea mays* L.), incrementa la disponibilidad de fósforo y el ciclaje de este mineral. Esto se demuestra en un estudio realizado bajo un sistema de callejones en suelo ultisol y alfisol donde se evaluó la capacidad para producción de biomasa y se observó que *G. sepium* fue mejor a las otras especies estudiadas como árbol para fijación de N bajo este sistema de producción (Fagbenro *et al.*, 2015). Rodrigues *et al.* (2015) encontraron en un sistema agroforestal con *Cenchrus ciliaris* L. y *Opuntia ficus-indica* L., que *G. sepium* contribuyó con altas cantidades de N al sistema (>50 % del N fijado en el sistema).

### Captura de carbono y regulación de las emisiones de CO<sub>2</sub> del suelo

Se ha demostrado que la captura de carbono contribuye a la mitigación del impacto ambiental producido por el dióxido de carbono (Gómez *et al.*, 2010). Sin embargo, existen escasas herramientas para la adaptación al cambio climático. Por lo tanto, la captura de carbono puede ser una herramienta útil en los ecosistemas y agroecosistemas silvopastoriles debido a que los instrumentos económicos existentes y los que se van creando tienen el fin de fomentar la adaptación al ofrecer incentivos a la anticipación y amortiguación de los impactos del cambio climático (IPCC, 2014). Bajo este contexto, en los sistemas silvopastoriles se potencializa la captura y almacenamiento de carbono (Villanueva-López *et al.*, 2015). En el trópico, *G. sepium* es una especie que ha sido seleccionada para este propósito, con múltiples investigaciones que lo confirman. Wise y Cacho (2005), al realizar una modelación con *G. sepium* encontraron una fuerte asociación entre el uso de esta leguminosa con su rentabilidad, en especial con respecto al pago de servicios ambientales (captura de carbono). Los análisis demostraron el beneficio adicional del binomio secuestro-almacenamiento de carbono, lo que permitiría mantener la productividad de tierra, bajo diferentes esquemas de cultivo, a largo plazo (25 años). Por otro lado, Makumba *et al.* (2007), encontraron que la asociación de *G. sepium* con maíz, captura carbono casi el doble que el monocultivo de maíz (1.6 t), en un estudio a largo plazo (10 años), encontraron óptimos resultados en esta escala de tiempo en comparación con estudios a mediano plazo (7 años). Por su parte, Makumba *et al.* (2006) reportaron bajo condiciones de cultivo continuo, en el suelo de 0-20 cm de profundidad incremento en el carbono orgánico (3 g kg<sup>-1</sup>) después de 11 años de adición de residuos de las podas de *G. sepium* comparado al suelo del monocultivo de maíz. Recientemente, en México se ha estudiado la capacidad de esta especie para capturar y almacenar carbono, en su modalidad de cercas vivas (Villanueva-López *et al.*, 2015), encontrando un almacenamiento de carbono en biomasa moderado para un sistema silvopastoril de *G. sepium* en comparación con otro conformado por pasto en monocultivo, así como un almacenamiento en suelo, también ligeramente mayor.

### LITERATURA CITADA

- Abdulrazak S. A., Kahindi R. K., Muinga R. W. 2006. Effects of Madras thorn, *Leucaena* and *Gliricidia* supplementation on feed intake, digestibility and growth of goats fed *Panicum* hay. *Livestock Research for Rural Development* 18: 124-128.
- Akinnifesi F. K., Makumba W., Kwesiga F. R. 2006. Sustainable Maize Production Using *Gliricidia* Maize Intercropping in Southern Malawi. *Experimental Agriculture* 42: 441-457.

- Alvarez M. R., Heralde III F., Quiming N. 2016. Screening for larvicidal activity of ethanolic and aqueous extracts of selected plants against *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* larvae. *Journal of Coastal Life Medicine* 4: 143-147.
- Assalou V. O., Binoumote R. T., Akinlade J. O., Oyelami O. J. 2012. Intake and Growth performance of West African Dwarf Goats Fed *Moringa oleifera*, *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala* Dried Leaves as Supplements to cassava peels. *Journal of Biology, Agriculture, and Healthcare* 2: 76-88.
- Avilés-Nieto J. N., Valle-Cerdán J. L., Castrejón-Pineda F., Angeles-Campos S., Vargas E. 2013. Digestibility of Buffel grass (*Cenchrus ciliaris*)-based diets supplemented with four levels of *Gliricidia sepium* hay in hair sheep lambs. *Tropical Animal Health and Production* 45: 1357-1362.
- Barreto A. C., Chaer G. M., Fernandes M. F. 2012. Hedgerow pruning frequency effects on soil quality and maize productivity in alley cropping with *Gliricidia sepium* in Northeastern Brazil. *Soil and Tillage Research* 120: 112-120.
- Beedy T. L., Snapp S. S., Akinnifesi F. K., Sileshi G. W. 2010. Impact of *Gliricidia sepium* intercropping on soil organic matter fractions in a maize-based cropping system. *Agriculture, ecosystems & environment* 138: 139-146.
- Castrejón-Pineda F. A., Martínez-Pérez P., Corona L., Cerdán J. L. V., Mendoza G. D. 2016. Partial substitution of soybean meal by *Gliricidia sepium* or *Guazuma ulmifolia* leaves in the rations of growing lambs. *Tropical animal health and production* 48: 133-137.
- Chirwa P. W., Ong C. K., Maghembe J., Black C. R. 2007. Soil water dynamics in cropping systems containing *Gliricidia sepium*, pigeonpea and maize in southern Malawi. *Agroforestry Systems* 69: 29-43.
- Dulormne M., Sierra J., Nygren P., Cruz P. 2003. Nitrogen-fixation dynamics in a cut-and-carry silvopastoral system in the subhumid conditions of Guadeloupe, French Antilles. *Agroforestry Systems* 59: 121-129.
- Edvan R. L., Carneiro M. D. S., Magalhães J. A., Albuquerque D. R., de M Silva M. S., Bezerra L., Oliveira L. R., Santos E. M. 2014. The forage yield of *Gliricidia sepium* during the rainy and dry seasons following pruning management in Brazil. *Ciencia e Investigación Agraria* 41: 309-316.
- Fagbenro J. A., Oshunsanya S. O., Aluko P. A., Oyeleye B. A. 2015. Biomass Production, Tissue Nutrient Concentration, and N<sub>2</sub>-Fixing Potentials of Seven Tropical Leguminous Species. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 46: 709-723.
- Gómez-Castro H., Pinto-Ruiz R., Guevara-Hernández F., Gonzalez-Reyna A. 2010. Estimaciones de biomasa aérea y carbono almacenado en *Gliricidia sepium* (Lam.) y *Leucaena leucocephala* (Jacq.) y su aplicación en sistemas silvopastoriles. *ITEA Información Técnica Económica Agraria* 106: 256-270.
- González D.T., Hernández O.L., Rodríguez L.M.C., Viera G.R.V. 2013. Evaluación del aporte de hojarasca y la fauna edáfica asociada a *Gliricidia sepium* (Jacq) Kunth ex Walp como cercas vivas en sabanas ultramáficas. *Revista de Producción Animal* 25(2).
- González-López G., Ojeda-Chi M., Casanova-Lugo F., Díaz-Echeverría V., Avitia-Deras A., Soria-Fregoso M. J., Cetzal-Ix W., Basu S.K. 2017. Efficacy of plant extracts and nutritional alterations on *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) under *in vitro* conditions. *FUW Trends in Science & Technology Journal* 2: 7-11.
- González-Villalobos D., Palomares-Naveda R., Navarro E., Razz R., Soto-Castillo G., Quintero-Moreno A. 2002. The use of *Gliricidia sepium* in the supplementary feeding of crossbred female calves. *Revista Científica de La Facultad de Ciencias Veterinarias de La Universidad Del Zulia* 12: 384-387.
- Giri B. 2017. Mycorrhizal dependency and growth response of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. under saline condition. *Plant Science Today* 4: 154-160.
- Huerta E., van der Wal H. 2012. Soil macroinvertebrates abundance and diversity in home gardens in Tabasco, Mexico, vary with soil texture, organic matter and vegetation cover. *European Journal of Soil Biology* 50: 68-75.
- IPCC. 2014. Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (R. K. Pachauri & L. Meyer, Eds.). Ginebra, Suiza: IPCC. 157 p.
- Kabi F., Lutakome P. 2013. Effect Of Harvesting *Gliricidia sepium* At Different Cutting Frequencies On Quantity And Quality Of Herbage Biomass For Dairy Cattle Nutrition. *Journal of Animal Science Advances* 3: 321-336.
- Knopf E., Blaschke H., Munch J. 2013. Improving Moringa growth by using Autochthonous and Allochthonous arbuscular mycorrhizal fungi in Lake Victoria Basin. *West African Journal of Applied Ecology* 21: 47-57.
- Krishnappa K., Dhanasekaran S., Elumalai K. 2012. Larvicidal, ovicidal and pupicidal activities of *Gliricidia sepium* (Jacq.) (Leguminosae) against the malarial vector, *Anopheles stephensi* Liston (Culicidae: Diptera). *Asian Pacific journal of tropical medicine* 5: 598-604.
- Krishnaveni K. V., ThaiyalNayaki R., Balasubramanian G. M. 2015. Effect of *Gliricidia sepium* leaves extracts on *Aedes aegypti*: Larvicidal activity. *Journal of Phytology* 7: 26-31.
- Ku-Vera J. C., Ayala-Burgos A. J., Solorio-Sánchez F. J., Briceño-Poot E. G., Ruiz-González A., Piñeiro-Vázquez A. T., Barros-Rodríguez M., Soto-Aguilar A., Espinoza-Hernández J. C., Albores-Moreno S., Chay-Canul A. J., Aguilar-Pérez C. F., Ramírez-Avilés R., Bazán-Godoy J. 2013. Tropical tree foliages and shrubs as feed additives in ruminant rations. *In: Nutritional Strategies of Animal Feed Additives*. Nova Sci. Publishers. New York. USA. Pp. 59-76.
- Makumba W., Akinnifesi F. K., Janssen B., Oenema O. 2007. Long-term impact of a *Gliricidia*-maize intercropping system on carbon sequestration in southern Malawi. *Agriculture, ecosystems & environment* 118: 237-243.
- Makumba W., Janssen B., Oenema O., Akinnifesi F. K., Mweta D., Kwesiga F. 2006. The long-term effects of a *Gliricidia*-maize intercropping system in Southern Malawi, on *Gliricidia* and maize yields, and soil properties. *Agriculture, ecosystems & environment* 116: 85-92.
- Mata-Espinosa M. A., Hernández S., Cobos-Peralta M. A., Ortega-Cerrilla M. E., Mendoza M., Arcos G. 2006. Productive lambs performance and ruminal fermentation using cocote (*Gliricidia sepium*), morera (*Morus alba*) and Tulipan (*Hibiscus rosa-sinensis*) meal as supplement. *Revista Científica de La Facultad de Ciencias Veterinarias de La Universidad Del Zulia* 16: 249-256.
- Mweta D. E., Akinnifesi F. K., Saka D. K., Makumba W., Chokotho N. 2007. Green manure from prunings and mineral fertilizer affect

- phosphorus adsorption and uptake by maize crop in a *Gliricidia*-maize intercropping. Scientific Research and Essay 2: 446–453.
- Nazli R., Akhter M., Ambreen S., Solangi A. H., Sultana N. 2008. Insecticidal, nematocidal, and antibacterial activities of *Gliricidia sepium*. Pak. J. Bot 40: 2625-2629.
- Nyoka B. I., Simons A. J., Akinnifesi F. K. 2012. Genotype–environment interaction in *Gliricidia sepium*: Phenotypic stability of provenances for leaf biomass yield. Agriculture, ecosystems & environment 157: 87-93.
- Oldeman L. R. 1998. Guidelines for general assessment of the status of human-induced soil degradation. Working paper 88/4. International Soil Reference and Information Centre (ISRIC). Wageningen. 1-35.
- Ondiek J. O., Tuitoek J. K., Abdulrazak S. A., Bareeba F. B., Fujihara T. 2000. Use of *Leucaena leucocephala* and *Gliricidia sepium* as Nitrogen Sources in Supplementary Concentrates for Dairy Goats Offered Rhodes Grass Hay. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 13: 1249–1254.
- Pedraza R. M., Gálvez M. 2000. Nota sobre el rendimiento, porcentaje de hojas y grosor del tallo del follaje de postes vivos y *Gliricidia sepium* podadas cada 90 días. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 34: 81-84.
- 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: 105-111.
- Pinto R., Hernández D., Guevara F., Gómez H., Medina F., Hernández A., Jiménez J. A., Alfonso E., Mendoza P., Ruiz B. 2010. Preference of sheep for *Pennisetum purpureum* silage mixed with tropical forage tree foliage. Livestock Research for Rural Development 22: 106
- Ramos-Trejo O., Canul-Solis J. R., Ku-Vera J. C. 2016. Forage yield of *Gliricidia sepium* as affected by harvest height and frequency in Yucatan, Mexico. Revista Bio Ciencias 4: 116–123.
- Rodrigues-Martins J. C., Santiago-de Freitas A. D., Cezar-Menezes R. S., de Sá Barreto-Sampio E. V. 2015. Nitrogen symbiotically fixed by cowpea and *Gliricidia* in traditional and agroforestry systems under semiarid conditions. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 50: 178–184.
- Rodríguez-Molano C. E., Pulido-Suárez N. J. 2015. Eficacia de extractos vegetales sobre la garrapata adulta *Rhipicephalus* (Boophilus) microplus y su oviposición. Revista Cubana de Plantas Medicinales 20: 375-388.
- Silivong P., Xaykham O., Aloun O., Preston T. R. 2012. Effect of potassium nitrate and urea on feed intake, digestibility, N balance and methane production of goats fed a basal diet of *Gliricidia* (*Gliricidia sepium*) and Mimosa (*Mimosa pigra*) foliages supplemented with molasses. Livestock Research for Rural Development 24: 138.
- Sivira A., Sanabria M. E., Valera N., Vásquez C. 2011. Toxicity of ethanolic extracts from *Lippia origanoides* and *Gliricidia sepium* to *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) (Acari: Tetranychidae). Neotropical entomology 40: 375-379.
- Villanueva-López G., Martínez-Zurimendi P., Casanova-Lugo F., Ramírez-Avilés L., Montañez-Escalante P. I. 2015. Carbon storage in livestock systems with and without live fences of *Gliricidia sepium* in the humid tropics of Mexico. Agroforestry Systems 89: 1083-1096.
- Wise R., Cacho O. 2005. A bioeconomic analysis of carbon sequestration in farm forestry: a simulation study of *Gliricidia sepium*. Agroforestry Systems 64: 237-250.