


Importancia forrajera y nutricional de *Leucaena leucocephala* en sistemas silvopastoriles





Forage and nutritional importance of Leucaena leucocephala in silvopastoral systems


Hernández-Melchor, G. I; Hernández-Hernández, M; Sol-Sánchez, A; Rosales-Martínez, F; Hernández-Salinas, G

 **G. I Hernández-Melchor**
gloria.hernandez@unach.mx
Universidad Autónoma de Chiapas, México

 **M Hernández-Hernández**
manuel.hernandezh@unach.mx
Universidad Autónoma de Chiapas, México

 **A Sol-Sánchez**
sol@colpos.mx
Colegio de Postgraduados, México

 **F Rosales-Martínez**
froylan.rosales@unach.mx
Universidad Autónoma de Chiapas, México

 **G Hernández-Salinas**
gregorio_hs@zongolica.tecnm.mx
Tecnológico Nacional de México. Instituto
Tecnológico Superior de Zongolica. Veracruz, México,
México

Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua
ISSN-e: 2410-7980
Periodicidad: Semestral
vol. 9, núm. 17, 2023
czuniga@ct.unanleon.edu.ni

Recepción: 03 Febrero 2023
Aprobación: 08 Julio 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/394/3943882012/>

DOI: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v9i17.16400>

Autor de correspondencia: manuel.hernandezh@unach.mx

Copyright (c) 2023 Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Resumen: Antecedentes: De la revisión bibliográfica se generó un análisis de los valores y beneficios que generan los sistemas silvopastoriles (Si) en asocio con *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., con especial referencia a manejo agronómico, integración árbol-pasto, densidad, intervalos de corte, producción y calidad nutricional de la biomasa. El objetivo fue recopilar información existente sobre el uso de leucaena como forraje. **Metodología:** Se revisaron artículos publicados desde 1999 a 2022. Los años con mayor producción científica fueron 2016, 2020, y 2014, con 8, 7 y 6 obras respectivamente, 2000 y 2004 no registraron artículos. Se obtuvo bibliografía de temas diversos, que citan la importancia de integrar leguminosas en los pastizales para incrementar la carga animal por hectárea, incrementar peso y producción de leche, en comparación con los sistemas que solo emplea pastos como alimento de los animales. **Resultados:** Los Si con asocio de leucaena constituyen una de las mejores alternativas para incrementar la ganancia de peso en la ganadería principalmente en zonas semisecas, ya que en ellos se hace un uso más eficiente del espacio y se obtiene un alimento de mejor calidad nutricional, mayor aporte de materia seca (MS), proteína cruda (PC), menor contenido de fibra detergente neutro (FDN) y de fibra detergente ácido (FDA). **Conclusiones:** Dentro de las condiciones a considerar en este sistema se debe tener presente la densidad la altura de corte, fecha y forma de siembra para obtener el mayor volumen de forraje por época.

Palabras clave: Leucaena, pastoreo intensivo, Silvopastoril, Ganado.

Abstract: Background: From the bibliographic review, an analysis of the values and benefits generated by silvopastoral systems (Si) in association with *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., with special reference to agronomic management, tree-pasture integration, density, cutting intervals, production and nutritional quality of the biomass. The objective was collect existing information on the use of *Leucaena* as forage. **Methodology:** it was reviewed papers from 1999 to 2022. The years with the highest scientific production were 2016, 2020, and 2014, with 8, 7, and 6 works, respectively. In 2000 and 2004, no work was registered. Bibliography of various topics was obtained, which cite the importance of integration of legumes in pastures to increase stocking rate per hectare, increase

weight and milk production, compared to systems that only use pastures as animal feed. **Results:** For this reason, Si with leucaena association constitute one of the best alternatives to increase weight gain in livestock, mainly in semi-dry areas, since they make more efficient use of space and a better quality feed is obtained. nutritional quality, higher contribution of dry matter (DM), crude protein (PC), lower content of neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (FDA). **Conclusions:** Within the conditions to consider in this system, the density, cutting height, date and method of planting must be taken into account to obtain the largest volume of forage per season.

Keywords: Leucaena, intensive grazing, Silvopastoral, Cattle.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas silvopastoriles intensivos (Si) son sistemas de producción de biomasa que integra altas densidades de árboles forrajeros asociadas con especies herbáceas que pueden ser pastos o leguminosas para el ramoneo (Cubillos *et al.*, 2016; Murgueitio *et al.*, 2016a y 2016b). En estos sistemas interactúan en el mismo tiempo y espacio más de una especie en los diferentes estratos, se caracterizan por su eficiencia y alta productividad. Generalmente se establecen con especies arbustivas en altas densidades asociadas a pastos para aprovechar los espacios disponibles. Los Si generan diversas interacciones positivas que permite aprovechar eficazmente la luz, suelo, agua y espacio (Pachas *et al.*, 2018).

Debido a la ausencia de espacios vacíos los Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPI) presentan como ventaja la protección del suelo de la erosión por la lluvia y el viento (Alonso, 2011; Bacab *et al.*, 2013), además, retienen humedad y nutrientes que favorece la interacción entre las plantas; a diferencia de los pastos en monocultivo, que por lo general extraen los nutrimentos del suelo a menos que se fertilicen y a consecuencia se genere gasto de insumos y energía (Murgueitio *et al.*, 2014). Así mismo, los abonos verdes dentro del manejo sostenible del suelo son fuente de energía y nutrientes para los microorganismos del suelo, siendo una alternativa para contrarrestar el continuo deterioro que sufren las áreas de uso pecuario ganadero (Ruiz *et al.*, 2019).

Estos sistemas “*intensivos*” generan un incremento en la producción de forraje y de mejor calidad nutritiva para los animales. Mediante un sistema de poda continua se garantiza una producción programada de forraje de acuerdo a los requerimientos del productor. Los pastos tropicales, caracterizados por la vía fotosintética C. realizan una alta tasa de fotosíntesis, por ello se considera que estas plantas producen un gran volumen de forraje, no obstante, el árbol de leucaena, es una leguminosa que proporciona un follaje nutritivo mayor a 20% de proteína (Ordóñez-Sequera (2022)]. Similarmente, los árboles proporcionan beneficios alternos como la madera, los fruto y sombra para los animales (Bacab y Solorio, 2011; Bacab *et al.*, 2012; Martínez *et al.*, 2016).

Los Si pueden manejarse de diversas formas ya que responden muy bien al manejo agronómico (Lopez-Vigoa, 2017). Aspectos que se deben tener en cuenta para el desarrollo aceptable del Sistema, son la densidad de plantas, la frecuencia y tiempo de pastoreo, la época del año, el tiempo de ocupación, las especies que se establezcan, entre otros factores (Petit *et al.*, 2010). Debido a la integración de árboles y pastos en este sistema de producción, este juega un papel muy importante en la mitigación y adaptación de cambio climático pues permite reducir los efectos adversos al ambiente de este fenómeno, recuperar pasturas degradadas, crear

NOTAS DE AUTOR

manuel.hernandezh@unach.mx

microclimas favorables, reducir el estrés al ganado entre otras. En este sentido, González (2021) menciona que se espera un incremento en la frecuencia y severidad de los desastres naturales, lo cual podría agudizar los efectos negativos en los sistemas productivos, por lo que se hace necesario adoptar estrategias de producción tal como los SSPI, principalmente en las zonas más vulnerables como lo son el sur sureste de México y la parte norte de Centroamérica (Olivera *et al.*, 2020).

La disponibilidad de forraje de este sistema silvopastoril puede incrementarse hasta en 8.7 t de MS/ha⁻¹ año al incorporar leucaena en un Si en comparación a un pastizal sin árboles y se basa en la eficiencia de los procesos biológicos (fotosíntesis, fijación de nitrógeno, solubilización del fósforo y otros nutrientes (Elfeel y Elmagboul, 2016; Aguirre-Medina *et al.*, 2018). Así, los Si constituyen una posibilidad para asegurar la disponibilidad forraje durante el año y al mismo tiempo aumentar la calidad nutricional del forraje en comparación a las pasturas en monocultivo.

Por todo ello, el objetivo de este trabajo fue recopilar información sobre el comportamiento de algunos aspectos del manejo agronómicos y uso de de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., asociada con pastos.

METODOLOGÍA

Se consultaron artículos científicos publicados entre 1999 a 2022 referente a las bondades de la laeucaena como forraje. Los años con mayor producción científica fueron 2016, 2020, y 2014, con 8, 7 y 6 obras respectivamente, 2000 y 2004 no registraron artículos y los demás años presentaron datos intermedios. Se obtuvo bibliografía de temas diversos, que citan la importancia de integrar leguminosas en los pastizales para incrementar la carga animal por hectárea, incrementar peso y producción de leche, en comparación con los sistemas que solo emplea pastos como alimento de los animales. Esta información permitió crear perspectivas sobre el uso de la leucaena.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Interacción árbol-pastos en los Si

Las interacciones biológicas entre los componentes de los Si pueden ser positivas o negativas, la competencia por luz, el agua y los nutrientes se acentúa cuando los recursos son limitados (Falster y Westoby, 2003). La fijación de nutrientes y transferencia de los mismos, el mejoramiento del suelo, del microclima y el confort animal son ejemplos de respuestas positivas (Ludwig *et al.*, 2001; Nishimura *et al.*, 2002). En este sentido, las relaciones entre leguminosas y pastos pueden ser interespecífica e intraespecífica por espacio, luz, agua, nutrientes etc (Maestre *et al.*, 2003).

La interacción entre pastos y árboles se asocia principalmente a la radiación solar, puesto que las especies de plantas requieren de este recurso para su crecimiento (Medinilla-Salinas *et al.*, 2013)

En el caso de la competencia entre árboles, la cantidad de luz interceptada está condicionada por la especie arbórea, la edad, la fenología y la propia arquitectura de la copa (Pachas *et al.*, 2018). No obstante, los árboles también modifican la cantidad de luz que penetra bajo el dosel, mediante el sistema de autopoda, es decir el árbol elimina por solo las ramas más viejas. Sin embargo en los sistemas ganaderos, actuales no ha tenido mucha repercusión, debido a que se emplean árboles caducifolios o simicaducifolios o que no son del lugar, lo que limita el éxito del sistema, a estas especies se le debe proporcionar manejo para favorecer la iluminación hacia el pasto base (Milera, 2020).

En árboles cultivados plantados en hileras, se modifica la estructura del dosel arbóreo (Luedeling *et al.*, 2016), pero genera ventajas significativas cuando comparten orientación, es decir, cuando la arquitectura de la copa es vertical, las plantas herbáceas pueden captar la luz que se penetra al sotobosque. Por el contrario, en copas horizontales puede haber competencia intra e interespecífica incluso con el mismo árbol, sobre todo en

árboles con follaje denso lo que impacta sobre las herbáceas que crecen debajo de la conopia del árbol (Pachas *et al.*, 2014; Sosa-Rodríguez *et al.*, 2017). Sin embargo, la leucanea al ser un árbol caducifolio, con pinnas compuestas y foliolos muy pequeños el pasto base no muestra dificultad para su desarrollo (Solís-Luca *et al.*, 2022) y ello es un aspecto a tener en cuenta por los ganaderos ya que las condiciones limitadas de iluminación podrían reducir la producción de biomasa. Al respecto se debe considerar que éstas plantas deben mantener el balance de carbono que requieren para la producción y expansión de las hojas (Smethurst *et al.*, 2017).

Generalmente, las hojas de los pastos bajo sombra tienen una apariencia alargada, delgada y a veces amarillenta en comparación a las que crecen a pleno sol. Esa característica de ser alargada les ayuda a incrementar su habilidad competitiva para interceptar la luz, mientras que ser delgada les permite reducir su tasa de respiración y por consecuencia la actividad fotosintética disminuye bajo condiciones de sombra (Santiago-Hernández *et al.*, 2016) y como resultado retrasa la maduración del tejido y la degradación de los cloroplastos y por consecuencia este proceso retarda la senescencia de los pastos y mantiene mayor calidad nutritiva (Obispo *et al.*, 2008).

La producción y la calidad nutritiva de los pastos es una respuesta a la disponibilidad de luz, a la humedad, a la temperatura y la disponibilidad de nutrientes (Guenni *et al.*, 2008). Por ello la importancia de utilizar especies arbóreas caducifolias o de copa cónica, o de porte no muy denso que permitan establecer un régimen de luminosidad aceptable para el pasto base (Martínez-Hernández *et al.*, 2019).

LA IMPORTANCIA DE LEUCAENA LEUCOCEPHALA PARA LOS SSPi

Leucaena leucocephala es una leguminosa con gran potencial para la implementación en los sistemas de alimentación para bovinos, (Gallos-Hernández *et al.*, 2020; Anyanwu *et al.*, 2021). Esta planta fija el nitrógeno atmosférico (N.) en el suelo (Zahran *et al.*, 2001), tiene un 15-20% de proteína cruda en sus hojas (Shelton y Dalzell, 2007; Jube y Borthakur, 2010): es tolerante a suelos salinos y alta alcalinidad (Zahran *et al.*, 2001), es adaptable a países tropicales o subtropicales y resistente a plagas (Jube y Borthakur, 2010). La longevidad de una plantación de *L. leucocephala* es de 30 a 40 años (Shelton y Dalzell, 2007). En un contexto global, *L. leucocephala* contribuye a por mitigar la salinidad del suelo, evitar la erosión, mejorar la fertilidad del suelo y disminuir los gases del efecto invernadero (Shelton y Dalzell, 2007). Esto redundaría en la disminución en la producción de metano en rumiantes alimentados con *L. leucocephala* pues presentan mejor bienestar (Pérez-Can *et al.*, 2020; Améndola *et al.*, 2016; Gallos-Hernández *et al.*, 2020).

IMPACTO DE LAS DENSIDADES Y PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE LA LEUCAENA EN LOS SI

La densidad de siembra de *L. leucocephala* sugiere una gran amplitud de opciones, determinadas por las condiciones de suelo y clima y por la finalidad de la producción de forraje (Mercedes, 2003; Murgueitio *et al.*, 2016a). Para lograr un distanciamiento más apropiado, se ajusta la distancia entre plantas y entre hileras, esto permite un óptimo aprovechamiento de espacio, luz, humedad del suelo y nutrientes, lo que genera mayor producción de biomasa por unidad de área (Anguiano *et al.*, 2012; Palma y Anguiano, 2014). En este sentido, se han realizado estudios para determinar la densidad óptima de siembra de la *L. leucocephala* sola o en asociación con pastos (Tabla 1).

Tabla 1. Producción de biomasa de acuerdo a la densidad de siembra (*L. leucocephala*) y la época del año.

TABLA 1
Producción de biomasa de acuerdo a la densidad de siembra *L. leucocephala* y la época del año

Densidad Plantas ha ⁻¹	Marco de plantación	Época	Materia seca Kg-1 ha	Fuente
5,000	Hileras a 2.0 m de distancia y 1.0 m entre plantas	(1) Lluvias (2) Secas	(1) 300 (2) 30	Hernández-Hernández <i>et al.</i> , (2020)
20,833	Hileras a 1.60 m y 0.30 m entre plantas	Lluvias	1882	Sarabia-Salgado <i>et al.</i> , (2020)
25,000	Hileras a 1.60 m de distancia y 0.25 m entre plantas	Lluvias	1267	Azuara-Morales <i>et al.</i> , (2020)
(1) 34,000 (2) 53,000	La siembra fue realizada al chorrillo y 1.60 m entre hileras.	Secas	(1) 1198 (2) 1308	Bacab-Pérez <i>et al.</i> , (2011)
(1) 35,000 (2) 55,000	La siembra fue realizada al chorrillo y 1.60 m entre hileras.	Norte	(1) 984 (2) 2037	Barros-Rodríguez <i>et al.</i> , (2012)

En Michoacán, México en época de seca (apoyo de riego cada 15 días) y norte (condiciones de temporal) se establecieron densidades de 53,000 plantas ha⁻¹ de esta especie con rendimientos de 1,308 a 2,037 kg de MS ha⁻¹, para ambas épocas (Bacab-Pérez *et al.*, 2011; Barros-Rodríguez *et al.*, 2012). En época de lluvias este árbol produjo 2369 kg de MS ha⁻¹ con 36,000 plantas ha⁻¹ (Sarabia *et al.*, 2014; Sarabia-Salgado *et al.*, 2020). Sin embargo, Benítez-Bahema *et al.* (2010) lo han cultivado en un rango desde 2,500 hasta 5,000 árboles ha⁻¹, y la densidad mayor produjo entre 1,453 y 1,160 kg de MS ha⁻¹ durante la época de lluvias y seca, respectivamente.

Para promover una mayor producción de follaje se acorta el espaciamiento entre hileras y así aumenta la densidad de siembra, siempre que no se comprometa la especie herbácea. En este contexto, en un sistema silvopastoril, con *L. leucocephala* y *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs cv. Tanzania, Bacab-Pérez *et al.* (2012) y Barros-Rodríguez *et al.* (2012) citan que la producción de follaje de la planta arbórea incrementó cuando la densidad de plantas fluctuó de 34,500 a 53,000 árboles ha⁻¹, sin afectar la producción del pasto. Para el caso de *L. leucocephala* con densidades de entre 2,500 a 10,000 plantas ha⁻¹ la producción de forrajes disminuyó (Sánchez *et al.*, 2003; Benítez-Bahema *et al.*, 2010).

Resultados similares fueron los reportados por Pachas *et al.*, (2017) quienes evaluaron el efecto de la densidad de árboles en el rendimiento de forraje de *L. leucocephala* y *Chloris gayana* cv. Kunth. Densidades desde 100 a 80,000 árboles ha⁻¹ mostraron rendimientos de 32,800 kg MS ha⁻¹ con la máxima densidad de plantación (80,000 árboles ha⁻¹). Pero el rendimiento del pasto fue afectado negativamente el cual disminuyó de 24,260 kg MS ha⁻¹ obtenido sin competencia a 1,420 kg MS ha⁻¹ en las densidades de leucaena por encima de 8 618 árboles ha⁻¹.

Ramírez *et al.* (2006) encontraron densidades menores de *L. leucocephala* asociado a *M. maximus* cv. Tanzania y se mostró un efecto negativo conforme se incrementó la densidad de 5,000 a 10 000 plantas ha⁻¹ y

con ello aumentó la competencia por los recursos para el crecimiento, particularmente por agua y luz y causó una disminución en la producción del pasto.

Dalzell *et al.* (2006) y Hernández-Hernández *et al.* (2020;2021), para sistemas silvopastoriles con *Leucaena* sugieren separaciones de 6 a 8 m entre hileras de la planta arbórea, con 4 o más hileras de pastos entre ellas, pero es posible sembrar doble hilera de la leucanea para incrementar los volúmenes de biomasa forrajera y a la vez proteger la planta arbórea contra el maltrato animal.

Espinel *et al.* (2009) y Murgueitio *et al.* (2010) consideran de mayor efectividad un sistema silvopastoril con 10,000 plantas ha⁻¹ de leucanea plantada a metro cuadrado con dos hileras de pasto entre filas. No obstante, Sánchez (2014) un sistema silvopastoril con 31250 plantas ha⁻¹ de leucacena plantadas en hileras de 1.6 m y 0.20 m. de esta manera se crea un ambiente más uniforme. Bajo esta condición se manifiesta una simbiótica más estable entre las raíces y las bacterias del género *Rhizobium* dentro del sistema agrosilvopastoril (Burle *et al.*, 2003; Solorio y Solorio, 2008; Sarabia, *et al.*, 2014).

Dentro de las consideraciones del árbol a considerar dentro del sistema agrosilvopastoril se debe tener presente las ramificaciones, capacidad de rebrote, producción de hojarasca, resistencia al maltrato entre otras. Las ramificaciones laterales dificultan el movimiento del ganado (Pezo y Ibrahim, 1999), de tal forma que para todo sistema silvopastoril se requiere conocer las condiciones del sitio para diseñar el sistema e incrementar los volúmenes de forraje

EFFECTO DEL INTERVALO DE CORTE DE LA ASOCIACIÓN EN EL SI

Como una respuesta al corte y frecuencia de corte, se tiene una ganancia progresiva en la producción de biomasa, por la emisión de follaje nuevo y aparición de nuevos tallos. Este patrón de acumulación de biomasa puede ser limitado por el potencial productivo de las especies vegetales y/o por lo factores climáticos prevalecientes. Por lo general la producción de biomasa se mantiene y luego cae, por lo que habrá que eliminar los tallos improductivos para favorecer la emisión de tallos nuevos.

Al incrementarse el intervalo entre cortes (20 a 40 días) aumenta la biomasa disponible anual en las asociaciones de *L. leucocephala* y los pastos Ruzi [*Urochloa ruziziensis* (R. Germ. & Evrard) Crins], y Taiwan 25 [*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone], al respecto Maya *et al.* (2005) citan volúmenes de entre 36,000 y 40,000 kg MS ha⁻¹ año⁻¹ a intervalo de 40 días entre cortes. Similarmente Gaviria *et al.* (2015) cita una productividad de 19260 kg MS ha⁻¹ a intervalos de corte de 45 días a una densidad de 10, 000 plantas ha⁻¹ en un sistema silvopastoril de *L. leucocephala* asociado a *M. maximus* cv. Tanzania. En el mismo sentido Sánchez *et al.* (2007a) reportó 33,000 kg MS ha⁻¹ año⁻¹ en intervalos de 58 días en periodo de lluvias y para la época seca del año a intervalos desde 42 a 168 días en asocio de.. *leucocephala* y *C. ciliaris* plantados a una densidad de 22857 plantas/ha⁻¹, la cual mantuvo una productividad de entre 4,241 y 5,766 kg MS ha⁻¹

Sánchez *et al.* (2007b) concluye que el mejor intervalo de corte debe ser de 42 días; al respecto. Hernández-Hernández *et al.* (2020; 2021) cita que en época de lluvias un periodo de entre 42-50 días es el más indicados para favorecer el rebrote y producción de follaje de *L. leucocephala* y *Megatyrus maximus* cv. Tanzania. Al respecto, López *et al.* (2010) sugiere que para el asocio *Leucaena leucocephala* y pastos *Brachiaria* (*Urochloa*) y *Megatyrus* el período de descanso debe ser de 33 días en épocas de lluvias y de 66 días para la apoca de secas donde pastorea 3 a -4 días de ocupación y 28-56 días de descanso.

López y García (2015) citan que, con 40 días de descanso, se obtuvo una productividad de 6,475 kg MS ha⁻¹ con un descaso de 40 días en época de lluvia pastoreado con vaquillas; mientras que Bugarín *et al.* (2009) cita valores de productividad de entre 910 y 1,900 kg MS ha⁻¹ a 6 y 9 meses de descanso en *L. leucocephala* asociada a *U. brizantha* en época de lluvias y una altura de 80 cm y 3,320 plantas ha⁻¹

En general para que cualquier sistema silvopastoril contribuya a la provisión de forrajes de buena calidad, el sistema silvopastoril se debe ajustar el intervalo de corte a la disponibilidad de forraje del árbol y del pasto (Francisco, 2003; Pachas *et al.*, 2016, Sanchez y Faria, 2013).

En el asocio *L. leucocephala* . *M. maximus* cv. Tanzania es necesario permitir un tiempo de descanso que permita la recuperación de los árboles, sin disminuir la calidad y productividad de los pastos. Las cercanías entre las frecuencias de corte reducen la producción de follaje, incrementan las proporciones de tallos y materia muerta lo que restan calidad de la biomasa aprovechable (Maya *et al.*, 2005; Rojas *et al.*, 2005).

Debido a la condición biológica de la planta arbórea los periodos de descanso deben ser más largos en comparación con los pastos dado la leucaena toma más tiempo en recuperarse aunado a la condición ambiental (Francisco, 2003; Merchant-Fuentes y Solano-Vergara, 2016).

CALIDAD NUTRICIONAL DE LA ASOCIACIÓN EN EL SI

En el sistema silvopastoriles con árboles forrajeros es muy importante la calidad forrajera de los árboles y la de los pastos, pero debido a la forma biológica de ambos, existe una gran diferencia en la concentración y disponibilidad de los nutrientes entre ambos componentes, no obstante, mediante el manejo del sistema puede generar un equilibrio de producción de forraje de calidad de ambos componentes, como los niveles de proteína o fibra.

Los sistemas silvopastoriles representan una posibilidad para incrementar la disponibilidad de forraje y mejorar la calidad nutricional. Se tiene evidencia científica que las asociaciones de pastos y árboles forrajeros pueden ser más productivas que las pasturas propiamente dicho y son de mejor calidad para el pastoreo (Sánchez Vega, 2019).

Según Sánchez y Faria (2013), cita que el árbol *L. leucocephala* asociada a *C. nlemfuensis*, Ruzi (*Urochloa ruziziensis*), y Taiwan A 25 y Elefante enano (*C. purpureus* mantiene la proteína con un rango de 42 a 168 días mientras los pastos, obtienen los más altos porcentajes de proteína de 20 a 40 días en la época seca y de lluvias y la FDN y FDA de muestras combinadas del forraje (*L. leucaena* . *C. nlemfuensis*) no difirieron por efecto de la interacción entre la frecuencia de corte 35 y 70 (sequía y nortes), no obstante, en la época de lluvias la FDN, se registró un aumento conforme se incrementó 54% a los 70 días y en FDA se observó un 69% a los 49 días (Martínez *et al.*, 2016)

En un sistema silvopastoril el intervalo de corte debe programarse al ritmo de crecimiento del pasto y cosecharse cuando tenga la mayor digestibilidad de la materia seca; este intervalo puede variar desde los 28 días en temporada de lluvias, hasta los 36 - 40 días en la estación seca, para permitir la recuperación del árbol (Tudsri *et al.*, 2002; Maya *et al.*, 2005).

PERSPECTIVAS

La Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit cuando se maneja como arbusto permite enriquecer los Si, ya que el animal tiene acceso al forraje producido por la planta y al forraje producido por el pasto. La leucaena es reconocida por su alto valor forrajero, su capacidad de rebrote, palatabilidad y valores nutricionales superiores a los pastos, que incluyen un alto contenido de proteína cruda y carbohidratos solubles, además de un bajo contenido de fibra (Rivera-Herrera *et al.*, 2017).

Se tiene evidencias de las ventajas nutricionales de *L. leucocephala* para la alimentación de rumiantes y su importancia como componentes de sistemas más productivos y sostenibles en condiciones tropicales.

Debido a su alta producción de forraje y calidad nutricional es posible usar una mayor carga animal por hectárea y generar ganancias de peso y producción superior de leche en rumiantes, respecto a las que se

alcanzan en otros sistemas forrajeros tropicales (Mohammed *et al.*, 2016). Esta condición contribuya a la provisión de forrajes de buena calidad.

Sin embargo, los Si utilizando *Leucaena leucocephala* presentan algunas desventajas. El árbol es de crecimiento rápido y necesita de constante manejo. Los costos y efectos (positivos o negativos) del manejo de *Leucaena leucocephala* en producción de biomasa deben ser cuantificados en los sistemas intensivos.

La *Leucaena leucocephala* presenta compuestos secundarios (Mimosina y sus metabolitos) que limitan el volumen de forraje que se puede ofrecer a los animales principalmente en los periodos de escasas de lluvia y poca oferta de pastos (Soltan *et al.*, 2013; López-Rodríguez *et al.*, 2020). Por tanto, estudios de más larga duración son necesarios para determinar el papel de la leucaena en la provisión de forraje en los sistemas silvopastoriles

En cuanto a perspectivas futuras, se tienen vacíos de información referente al manejo agronómico el establecimiento poda y manejo de rebrotes principalmente.

CONCLUSIONES

Los Si con el empleo de la leucaena, constituyen una alternativa ventajosa para incrementar la disponibilidad de forraje para la alimentación ganadera, ya que permite hacer un uso más eficiente del espacio donde se genera forraje fresco y de calidad

Es evidente el interés por esta especie en algunas áreas ganadera al integrarla a sus sistemas de producción, no obstante, se requiere rigor científico y dedicación para evaluar las ventajas de la integración de esta especie al sistema de producción.

En relación al manejo de rebrotes, no se registró trabajo alguno que haga referencia a este aspecto, no obstante, el manejo de rebrotes es de gran importancia dado que, al eliminar el tallo principal, los rebrotes que emite la planta constituirán la fuente de forraje que se podría obtener por unidad de área esta dado en función del número de rebrotes por planta y densidad de siembra, así como el intervalo de crecimiento.

En ellos se hace un uso más eficiente del espacio y se obtiene un alimento de mejor calidad nutricional (mayor aporte de MS, PC, así como un menor contenido de FDN y FDA). Además, aspectos agronómicos tales como la densidad y la altura de corte son indicadores de importancia para un buen establecimiento y manejo de los Si.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre-Medina, J. F., Gálvez-López, A. L., y Ibarra-Puón, J. C. (2018). Crecimiento de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit biofertilizada con hongos micorrízicos arbusculares en vivero. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente.* (24):49–58. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.07.043>
- Alonso, J. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana Ciencias Agrícolas.* (45):107-113. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193022245001>
- Améndola, L., Solorio, F. J., Ku-Vera, J. C., Améndola-Massiotti, R. D., Zarza, H., y Galindo, F. (2016). Social behaviour of cattle in tropical silvopastoral and monoculture systems. *Animal.* (10):863-867. DOI: 10.1017/S1751731115002475
- Anguiano, J. M., Aguirre, J., y Palma, J. M. (2012). Establecimiento de *Leucaena leucocephala* con alta densidad de siembra bajo cocotero (*Cocos nucifera*). *Revista Cubana Ciencias Agrícolas.* (46):103-107. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193024313017>
- Anyanwu, G. A., Okoro, V. M. O., y Mbajiorgu, C. A. (2021). Optimum inclusion levels of *Leucaena leucocephala* pasture leaf-meal on growth, haematology and physiological performance of growing pigs. *Tropical Animal Health and Production.* (53):1-8. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02565-x>

- Azuara-Morales, I., López-ortiz, S., Jarillo-Rodríguez, J., Pérez-Hernández, P., Ortega-Jiménez, E., y Castillo-Gallegos, E. (2020). Forage availability in a silvopastoral system having different densities of *Leucaena leucocephala* under Voisin grazing management. *Agroforestry Systems*. (94):1701-1711. DOI 10.1007/s10457-020-00487-5
- Bacab-Pérez, H. M., y Solorio-Sánchez F. J. (2011). Oferta y consumo de forraje y producción de leche en ganado de doble propósito manejado en sistemas silvopastoriles en Tepalcatepec, Michoacán. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. (13):271-278. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93920942003>
- Bacab, H. M., Solorio, F. J., y Solorio, S. B. (2012). Efecto de la altura de poda en *Leucaena leucocephala* y su influencia en el rebrote y rendimiento de *Panicum maximum*. *Avances de Investigación Agropecuaria*. (16):65-77. <http://ww.uco.mx/revaia/pdf/2012/enero/4.pdf>
- Bacab, H. M., Madera, N. B., Solorio, F. J., Vera, F., y Marrufo, D. F. (2013). Los sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*: una opción para la ganadería tropical. *Avances en Investigación Agropecuaria*. (17):67-81. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83728497006>
- Barros-Rodríguez, M., Solorio-Sánchez, J., Ku-Vera, J., Ayala-Burgos, A., Sandoval-Castro, C, y Solís-Pérez, G. (2012). Productive performance and urinary excretion of mimosine metabolites by hair sheep grazing in a silvopastoral system with high densities of *Leucaena leucocephala*. *Tropical Animal Health and Production*. (44):1873-1878. <https://doi.org/10.1007/s11250-012-0150-0>
- Benítez-Bahena, Y., Bernal-Hernández, A., Cortés-Díaz, E., Vera, G. C., y Carrillo, A. F. (2010). Producción de forraje de guaje (*Leucaena* spp.) asociado con zacate (*Brachiaria brizantha*) para ovejas en pastoreo. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*. (1):397-411. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342010000300009&script=sci_abstract
- Bugarín, J., Lemus, C., Sangines, L., Aguirre, J., Ramos, A., Soca, M., y Arece, J. (2009). Evaluación de dos especies de *Leucaena*, asociadas a *Brachiaria brizantha* y *Clitoria ternatea* en un sistema silvopastoril de Nayarit, México. I. Comportamiento agronómico. *Pastos y Forrajes*. (32):1-11. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269119692006>
- Burle, S. T. M., Shelton, H. M., y Dalzell, S. A. (2003). Nitrogen cycling in degraded *Leucaena leucocephala*-*Brachiaria decumbens* pastures on an acid infertile soil in south-east Queensland, Australia. *Tropical Grasslands*. (37):119-128. https://www.researchgate.net/publication/43444722_Nitrogen_cycling_in_degraded_Leucaena_leucocephala-Brachiaria_decumbens_pastures_on_an_acid_infertile_soil_in_south-east_Queensland_Australia
- Cubillos, A. M., Vallejo, V. E., Arbeli, Z., Terán, W., Dick, R. P., Molina, C. H., Molina, E., y Roldan, F. (2016). Effect of the conversion of conventional pasture to intensive silvopastoral systems on edaphic bacterial and ammonia oxidizer communities in Colombia. *European Journal of Soil Biology*. (72):42-50. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2015.12.003>
- Dalzell, S., Shelton, M., Mullen, B., Larsen, P., y McLaughlin, K. (2006). *Leucaena*: A guide to establishment and management. *Meat and Livestock Australia*. https://www.researchgate.net/publication/37621951_Leucaena_A_guide_to_establishment_and_management.
- Elfeel, A. A., y Elmagboul, A. H. (2016). Effect of planting density on *Leucaena leucocephala* forage and Woody stems production under arid dry climate. *Agriculture Journal and Environmental Journal*. (2):7-11. https://ijoeear.com/assets/articles_menuscripts/file/IJOEAR-FEB-2016-29.pdf
- Espinel, M. R. G., Valencia, C. L. M., Uribe, T. F., Hernando, M. C, José, M. E, Murgueitio R. E., Galindo, C. E. W., Mejía, A., Zapata, J. P., Molina, J., y Giraldo, G. (2009). Sistemas silvopastoriles. In: Establecimiento y Manejo. Murgueitio, R. E. (ed). Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). Carrera 2-a Oeste No. 11- 54 Cali, Colombia. 157 p.
- Falster, S. D., y Westoby, M. (2003). Plant height and evolutionary games. *Trends in Ecology & Evolution*. (18): 337-343. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00061-2](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00061-2)
- Francisco, G. (2003). Manejo estratégico de las defoliaciones en especies arbóreas. *Pastos y Forrajes*. (26):185-195. <https://link.gale.com/apps/doc/A146835092/IFME?u=anon~3124314b&sid=googleScholar&xid=2f023beb>

- Galoso-Hernández, M. A., Rodríguez-Estévez, V., Álvarez-Díaz, C. A., Soca-Pérez, M., Dublin, D., Iglesias-Gómez, J., y Guelmes, L. S. (2020). Effect of silvopastoral systems in the thermoregulatory and feeding behaviors of water buffaloes under different conditions of heat stress. *Frontiers in Veterinary Science*. (7):1-8. DOI: [10.3389/fvets.2020.00393](https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00393)
- Gaviria, X., Rivera, J., y Barahona, R. (2015). Calidad nutricional y fraccionamiento de carbohidratos y proteína en los componentes forrajeros de un sistema silvopastoril intensivo. *Pastos y Forrajes*. (38): 194-201. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942015000200007&lng=es&tlng=es.
- González, F. A. I. (2021). Desastres naturales y desarrollo humano: Una revisión de la literatura. *Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim.*, 7(14), 1666–1675. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v7i14.12798>
- Guenni, O., Seiter, S., y Figueroa, R. (2008). Growth responses of three *Brachiaria* species to light intensity and nitrogen supply. *Tropical Grasslands*. (42):75-87. https://www.researchgate.net/publication/228483607_Growth_responses_of_three_Brachiaria_species_to_light_intensity_and_nitrogen_supply
- Hernández-Hernández, M., López-Ortiz, S., Jarillo-Rodríguez, J., Ortega-Jiménez, E., Pérez-Elizalde, S., y Díaz-Rivera, P. (2020). Rendimiento y calidad nutritiva del forraje en un sistema silvopastoril intensivo con *Leucaena leucocephala* y *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania. *Revista Mexicana Ciencias Pecuarias*. (11):53-69. <http://hdl.handle.net/10872/3036>
- Hernández-Hernández, M., López-Ortiz, S., Jarillo-Rodríguez, J., Ortega-Jiménez, E., Pérez-Elizalde, S., y Díaz-Rivera, P. (2021). Rendimiento de forraje e interacciones aéreas en función de la densidad de árboles de *Leucaena leucocephala* asociada a la gramínea *Digitaria eriantha*. *Avances de Investigación Agropecuaria*. (25):142-143. <https://doi.org/10.53897/RevAIA.21.25.31>
- Jube, S. L., y Borthakur, D. (2010). Transgenic *Leucaena leucocephala* expressing the rhizobium gene *pydA* encoding a meta-cleavage dioxygenase shows reduced mimosine content. *Plant Physiology and Biochemistry*. (48): 273-278. DOI: [10.1016/j.plaphy.2010.01.005](https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.01.005)
- López, L. B., y García, J. C. C., (2015). Nitrógeno edáfico y nodulación de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit en sistemas silvopastoriles. *Acta Agronómica*. (64): 349-354. <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v64n4.45362>
- López, O., Simón, L., Lamela, L., y Sánchez, T. (2010). Evaluación productiva de hembras en desarrollo de genotipos lecheros en una asociación de gramíneas con leucaena. *Pastos y Forrajes*. (33):1-12. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269119690009>
- López-Rodríguez, G., Rivero-Perez, N., Olmedo-Juárez, A., Valladares-Carranza, B., Rosenfeld-Miranda, C., Hori-Oshima, S., y Zaragoza-Bastida, A. (2020). Efecto del extracto hidroalcohólico de hojas de *Leucaena leucocephala* sobre la eclosión de *Haemonchus contortus* *in vitro*. *Abanico Veterinario*. (12):1-12. <https://doi.org/10.21929/abavet2022.8>
- Lopez-Vigo, O., Sánchez-Santana, T., Iglesias-Gómez, J. M., Lamela-Lopez, L., Soca-Pérez, M., Arece-García, J., y Milera-Rodríguez, M. de la C. (2017). Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical. *Pastos y Forrajes*. (40): 83-95. <https://payfo.ihatu.org/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=1943>
- Ludwig, F., Kroon, H., Prins, H. H. T., y Berendse, F. (2001). Effects of nutrients and shade on tree-grass interactions in an East African savanna. *Journal of Vegetation Science*. (12):579-588. <https://doi.org/10.2307/3237009>
- Luedeling, E., Smethurst, P. J., Baudron, F., Bayala, J., Huth, N. I., van Noordwijk, M., Ong C. K., Mulia, R., Lusiana, M., Muthuri, C., y Sinclair, F. L. (2016). Field-scale modeling of tree-crop interactions: Challenges and development needs. *Agricultural Systems*. (142):51-69. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2015.11.005>
- Maestre, T. F., Baustista, S., y Cortina, J., (2003). Positive, negative, and effects in grass-shrub interactions in Mediterranean semiarid grasslands. *Ecology*. (84): 3186-3197. <http://dx.doi.org/10.1890/02-0635>
- Martínez, M. M., Cruz, A. R., Bueno, A. L., Romero, L. A. M., Bravo, M. H., y Gómez, M. U., (2016). Composición nutricional de leucaena asociada con pasto estrella en la Huasteca Potosina de México. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*. (16):3343-3355. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263146726015>
- Martínez-Hernández, P. A., Cortés-Díaz, E., Purroy-Vásquez, R., Palma-García, J. M., Del Pozo-Rodríguez, P. P., y Vite-Cristóbal, C. (2019). *Leucaena leucocephala* (LAM.) de Wit especie clave para una producción bovina

sostenible en el trópico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. (22): 331-357. <http://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/i...>

- Maya, M. G. E., Durán, C. C. V., y Ararat, J. E. (2005). Altura, disponibilidad de forraje y relación hoja-tallo del pasto estrella solo y asociado con leucaena. *Acta Agronómica*. (54):1-6. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169920332001>
- Medinilla-Salinas, L., de la Cruz Vargas-Mendoza, M., López-Ortiz, S., Ávila-Reséndiz, C., Campbell, W. B., y del Carmen Gutiérrez-Castorena, M. (2013). Growth, productivity and quality of *Megathyrsus maximus* under cover from *Gliricidia sepium*. *Agroforestry Systems*. (87):891-899. <https://doi.org/10.1007/s10457-013-9605-1>
- Mercedes, V. A., y Lamela, L. (2003). Efecto del marco de siembra de *Leucaena leucocephala* en el comportamiento agronómico de una asociación. *Pastos y Forrajes*. (26):307-314. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=810>
- Merchant-Fuentes, I. J., y Solano-Vergara, J. (2016). Las praderas, sus asociaciones y características: una revisión. *Acta Agrícola Pecuaria*. (2):1-11. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6201367>
- Milera-Rodríguez, M. de la C. (2020). Caracterización de los sistemas de manejo del pasto para la producción de leche. *In: Recursos Forrajeros Multipropósitos*. (ed) Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. 331-355. ISBN: 978-959-7138-44-0 Versión impresa. ISBN: 978-959-7138-45-7 Versión digital.
- Mohammed, A. H. M., Aguilar-Pérez, C. F., Ayala-Burgos, J., Bottini-Luzardo, M. B., Solorio-Sánchez, F. J. y Ku-Vera, J. C. (2016). Evaluation of milk composition and fresh soft cheese from an intensive silvopastoral system in the tropics. *Dairy Sci. Technol* (2):159-172. <https://doi.org/10.1007/s13594-015-0251-4>
- Murgueitio, R. E., Uribe, T. F., Zuluaga, S. A. F, Galindo. SWF, Valencia CLM. (2010). Sistemas Silvopastoriles establecidos en las Fincas de Difusión y Tecnológicas (FDT). *In: Reconversión Ganadería con sistemas silvopastoriles en la Provincia de Chiriquí, Panamá*. (ed) Uribe, T. F. y Zuluaga A. F. S. El Consejo Nacional para el Desarrollo Sostenible (CONADES). 35-77 pp.
- Murgueitio, R. E., Chará, O. J, Barahona, R., Cuartas, C., y Naranjo, J. (2014). Los sistemas silvopastoriles intensivos (Si), herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. (17):501-507. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93935728001>
- Murgueitio, R. E., Barahona, R. R., Flores, E. M. X., Chara#, O. J. D., y Rivera, H. J. E. (2016)a. Es posible enfrentar el cambio climático y producir más leche y carne con sistemas silvopastoriles intensivos. *Ceiba* (54):23-30.
- Murgueitio, E. F., Uribe, C., Molina, E., Molina, W., Galindo, J., Chará, M., Flores, C., Giraldo C., Cuartas, J., Naranjo, L., y Solarte, J. (2016)b. Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles intensivos con Leucaena. *In: Murgueitio, E. Galindo W, Chará J, Uribe F. (ed) Centro para la investigación en Sistemas Sostenibles de producción Agropecuaria*. CIPAV. Cali, Colombia. 220-228 pp.
- Nishimura, N., Hara, T., Miura, M., Manabe, T., y Yamamoto, S. (2002). Tree competition and species coexistence in a warm-temperate old-growth evergreen broad-leaved forest in Japan. *Plant Ecology*, (164):235-248. <https://doi.org/10.1023/A:1021224429091>
- Obispo, N., Espinoza, Y., Ovalles, J. L. G. F., y Rodríguez, M. F. (2008). Efecto del sombreado sobre la producción y calidad del pasto guinea (*Panicum maximum*) en un sistema silvopastoril. *Zootecnia Tropical* (26):285-288. <http://ve.scielo.org/pdf/zt/v26n3/art27.pdf>
- Olivera S., Labra D., García L., Heard C., y Sol S. A. (2020). Midiendo la exposición del cambio climático en las ciudades mesoamericanas. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*. 6(11). 1334-1345. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v6i11.9732>
- Ordóñez-Sequera, G. A. (2022). Rendimiento y calidad de las especies arbóreas forrajeras según su edad y época de corte *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, en la provincia de Santa Elena. Tesis presentada en opción al título de Ingeniero. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena. 100 p. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/7922>
- Pachas, A. N. A., Jacobo, E. J., Goldfarb, M. C., y Lacorte, S. M. (2014). Response of *Axonopus catarinensis* and *Arachis pintoi* to shade conditions. *Tropical Grasslands* (2):111-112. [https://doi.org/10.17138/TGFT\(2\)111-112](https://doi.org/10.17138/TGFT(2)111-112)

- Pachas, A. N. A., Shelton, H. M., Lambrides, C. J., Dalzell, S. A., Macfarlane, D. C., y Murtagh G. J. (2016). Water use, root activity and deep drainage within a perennial legume-grass pasture: A case study in southern in land Queensland, Australia. *Tropical Grassland*. (4):129-138. [http://dx.doi.org/10.17138/TGFT\(4\)129-138](http://dx.doi.org/10.17138/TGFT(4)129-138)
- Pachas, A. N. A., Shelton, H. M., Lambrides, C. J., Dalzell, S. A., y Murtagh, J. G. (2017). Efecto de la densidad de árboles en el rendimiento de forraje de *Leucaena leucocephala* y *Chloris gayana*. In: *Sistemas Silvopastoriles: Aportes a los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. (ed) Peri J., P., Rivera J. E., Murgueitio, E., y Castaño, K. Cali, Colombia. Chará, CIPAV - Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. 373-377 pp:
- Pachas, A. N. A., Shelton, H. M., Lambrides, C. J., Dalzell, S. A., y Jonh, M. G., (2018). Effect of tree density on competition between *Leucaena leucocephala* and *Chloris gayana* using a Nelder Wheel trial. I. Aboveground interactions. *Crop and Pasture Science*. (69):419-429. <https://doi.org/10.1071/CP18040>
- Palma, J. M., y Anguiano, J. M., (2014). Alta densidad de siembra de leñosa como estrategia de intensificación de sistemas silvopastoriles en la ganadería tropical. In: *Logros y Desafíos de la Ganadería Doble Propósito*. (ed) Stagnaro, G. C, Soto B. E, y Madrid, B. N. (Ed) Fundación GIRARZ, Grupo de Investigadores de la Reproducción Animal en la Región Zuliana, Presentado motivo de la realización del VI Concurso Internacional de Ganadería de Doble Propósito en la ciudad de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. 311-321 pp:
- Pérez-Can, G. E., Tzec-Gamboa, M., Albores-Moreno, S., Sanginés-García, J., Aguilar-Urquizo, E., Chay-Canul, A., Canul-Solis, J., Muñoz-Gonzalez, J., Diaz-Echeverria, V., y Piñero-Vázquez, A. T. (2020). Degradabilidad y producción de metano *in vitro* del follaje de árboles y arbustos con potencial en la nutrición de rumiantes. *Acta Universitaria*. (30):1-13. <https://doi.org/10.15174/au.2020.2840>
- Petit, A. J., Casanova, L. F., y Solorio, S. F. (2010). Rendimiento de forraje de *Leucaena leucocephala*, *Guazuma ulmifolia* y *Moringa oleifera* asociadas y en monocultivo en un banco de forraje. *Revista Forestal Venezolana*. (54):161-167. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/32522>
- Pezo, D., y Ibrahim, M., (1999). *Sistemas Silvopastoriles*. Colección de Módulos de Enseñanza Agroforestales. (Ed). Centro agronómico tropical de Investigación y Enseñanza Catie. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ Turialba, Costa Rica. 15 p. <https://www.biopasos.com/documentos/078.pdf>
- Ramírez, A. L., Sandoval, C., Estrada, C. J., y Ku-Vera, J. L. (2006). Integración del componente arbóreo en los sistemas de producción animal tropical. In: *producción y Manejo de los Recursos Forrajeros Tropicales*. (ed). Velazco, Z. M. E., Hernández-Garay, A., Perezgrovas, G. R. A., Sánchez M. B. 1a (Ed) Diciembre del 2006. Publicación especial de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad Autónoma de Chiapas. 157-174 pp
- Rivera-Herrera, J. E., Molina-Botero, I., Chará-Orozco, J., Murgueitio-Restrepo, E y Barahona-Rosales, R. (2017). *Sistemas silvopastoriles intensivos con Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit: alternativa productiva en el trópico ante el cambio climático. *Pastos y Forrajes*. (40):171-183. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086403942017000300001&lng=es&tlng=es.
- Rojas, H. S., Olivares, P. J., Jiménez, G. R., y Hernández, C. E. (2005). Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico. *Revista Electrónica de Veterinaria*. (6):1-9. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63617216009>
- Ruiz A. D., Colque A. K., y Sol S. A. 2019. Carbono de biomasa microbiana influenciada por los residuos de cinco especies de abonos verdes sobre un suelo bajo uso pecuario. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*. 5(10). 1267-1274. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v5i10.8967>
- Sánchez, T., Lamela, L., y López, O. (2007) a. Caracterización de la comunidad vegetal en una asociación de gramíneas mejoradas y *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. *Pasto y Forrajes*, (30): 455-467. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v30n4/pyf05407.pdf>
- Sánchez, A., Faria-Mármol, J., y Araque, C. (2007) b. Producción de materia seca en una asociación *Cenchrus ciliaris*. *Leucaena leucocephala* al aplazar su utilización durante la época seca. *Zootecnia Tropical*. (26):117-123. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692008000200005&lng=es&tlng=es.
- Sánchez, A., y Faria, M. J. (2013). Efecto de la madurez de la planta en el contenido de nutrientes y la digestibilidad en una asociación *Cenchrus ciliaris*. *Leucaena leucocephala*. *Zootecnia Tropical*. (31):16-23. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S079872692013000100005&lng=es&tlng=es

- Sánchez, B. (2014). Manual de Sistemas silvopastoriles en Honduras. Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura. Tegucigalpa, Honduras. 36 p. <https://docplayer.es/22654423-Sistemas-silvopastoriles-en-honduras.html>
- Sánchez, T., Lamela, L., y López, O., (2003). Efecto de una asociación de *Leucaena* con gramíneas mejoradas en la producción de leche. *Pastos y Forrajes*. (26):137-148. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=836>
- Sanchez, V. J. (2019). Evaluación de la oferta forrajera de un Sistema Silvopastoril Intensivo (Si) conformado por Boston de Oro (BO) *Tithonia diversifolia* (Helms) Gray, gramíneas y leguminosas mejoradas sobre la producción y calidad de leche en vacas doble propósito en condiciones de Piedemonte Llanero del Meta. Universidad de los Llanos. Maestría Sistemas Sostenibles de Salud. Producción Animal Tropical. Villavicencio. Meta, Colombia. 111 p. <https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/handle/001/1483>.
- Santiago-Hernández, F., López-Ortiz, S., Ávila-Reséndiz, C., Jarillo-Rodríguez, J., Pérez-Hernández, P., y Guerrero-Rodríguez, J. D. (2016). Physiological and production responses of four grasses from the genera *Urochloa* and *Megathyrsus* to shade from *Melia azedarach* L. *Agroforestry Systems*, (90): 339-349. <https://doi.org/10.1007/s10457-015-9858-y>
- Sarabia, S. L., Solorio, F. J. S., Alves, B. R., Ramírez, A. L., Ku-Vera, B. L., Solorio, S., Erales J. A., y Urquiaga, C. S. (2014). Producción de forraje y fijación atmosférica de nitrógeno en un sistema silvopastoril intensivo. In: XLI Reunión de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria, A.C. (AMPA) y VII Reunión Nacional de Sistemas Agro y Silvopastoriles. Mérida, Yucatán, México del 2 a 14 de julio de 2014. 407-411 pp.
- Sarabia-Salgado, L., Solorio-Sánchez, F., Ramírez-Avilés, L., Rodrigues, Alves, B. J., Ku-Vera, J., Aguilar-Pérez, C., Urquiaga, S., y Boddey, R. M. (2020). Increase in milk yield from cows through improvement of forage production using the N.-fixing legume *Leucaena leucocephala* in a silvopastoral system. *Animal*. (10):734. DOI: 10.3390/ani10040734
- Shelton, M., y Dalzell, S. (2007). Production, economic and environmental benefits of leucaena pastures. *Tropical Grassland*. (41):174. https://www.researchgate.net/publication/43475017_Production_economic_and_environmental_benefits_of_Leucaena_pastures
- Smethurst, P. J., Huth, N. I., Masikati, P., Sileshi, G. W., Akinnifesi, F. K., Wilson, J., y Sinclair F. (2017). Accurate crop yield predictions from modelling tree-crop interactions in gliricidia-maize agroforestry. *Agricultural Systems*. (155):70-77.
- Solís Lucas, L.A.; Meneses, G. y Villacrés, J. (2022). Aporte energético de especies forrajeras para producción de ganado bovino de doble propósito. *Archivos Zootecnia*. (71):76-82. DOI: <https://doi.org/10.21071/az.v71i274.5650>
- Solorio, F. J., y Solorio, S. B. (2008). Manual de manejo agronómico de *Leucaena leucocephala*. Fundación Produce Michoacán. Morelia Michoacán a 20 de mayo de 2008. 29 p. file:///C:/Users/Toshiba/Downloads/manual-uso-leucaena-ganaderialaluna-com.pdf
- Soltan, Y. A., Morsy, A. S., Sallam, S. M., Lucas, R. C., Louvandini, H., Kreuzer, M., y Abdalla, A. L. (2013). Contribution of condensed tannins and mimosine to the methane mitigation caused by feeding *Leucaena leucocephala*. *Archives of Animal Nutrition*. (67):169-184. DOI:10.1080/1745039X.2013.801139
- Sosa-Rodríguez, A. A., Ledea-Rodríguez, J. L., Estrada-Prado, W., y Molinet-Salas, D. (2017). Efecto de la distancia de siembra en variables morfoagronómicas de moringa (*Moringa oleifera*). *Agronomía Mesoamericana*. (28):207-211. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v28i1.21430>
- Tudsri, S., Ishii, Y., Numaguchi, H., y Prasanpanich, S. (2002). The effect of cutting interval on the growth of *Leucaena leucocephala* and three associated grasses in Thailand. *Tropical Grasslands*. (36): 90-96. https://www.tropicalgrasslands.info/public/journals/4/Historic/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol_36_2002/Vol_36_02_02_pp90_96.pdf
- Zahran, H. H. (2001). Rhizobia from wild legumes: diversity, taxonomy, ecology, nitrogen fixation and biotechnology. *Journal of Biotechnology*. (91):143-153. DOI: 10.1016/s0168-1656(01)00342-x