

Caracterización de cinco arbustivas proteicas promisorias para la ganadería cubana Characterization of five promising protein shrubs for the Cuban animal husbandry

Yadiana Ontivero-Vasallo <https://orcid.org/0000-0002-3558-1552>

Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, Ave. Independencia 184 No. 20520 e/ Calle 201 y Lindero, Río Cristal, Boyeros. CP 10 800. La Habana, Cuba.

Correo electrónico: yadibiologa2019@gmail.com

Resumen

Objetivo: Caracterizar cinco plantas proteicas y abordar su efecto en la productividad y salud animal.

Materiales y Métodos: Se consultó la literatura disponible relacionada con la agronomía, agroecología y aplicación en la producción y la salud animal de las especies *Moringa oleifera* Lam., *Tithonia diversifolia* Hemsl., A. Gray, *Morus alba* L., *Trichanthera gigantea* H. y B. y *Cratylia argentea* Desv., con el propósito de analizar los resultados obtenidos en los sistemas convencionales de agricultura y ganadería a nivel internacional y en Cuba.

Resultados: Existe variabilidad en las condiciones de manejo, procesamiento y conservación del forraje de *M. oleifera*, *T. diversifolia*, *M. alba*, *T. gigantea* y *C. argentea*. Sus contenidos de proteína bruta oscilan entre 13 y 33 %. Se siembran en densidades entre 555 y 1 000 000 plantas/ha. El rendimiento varía entre 3 y 35 t MS/ha/año, y son abundantes durante el período poco lluvioso. Con estas especies se pueden obtener entre 5 y 7 kg leche/animal/día y la ganancia de peso animal puede superar los 500 g/animal/día.

Conclusiones: Por su adaptación a las condiciones agrícolas de Cuba, disponibilidad de biomasa durante todo el año y valor nutritivo, *M. oleifera*, *T. diversifolia*, *M. alba*, *T. gigantea* y *C. argentea* constituyen recursos forrajeros de calidad, con potencialidades para suplementar a los animales y mejorar su salud; además, de proteger el suelo y disminuir la emisión de metano al medio.

Palabras clave: *C. argentea*, *M. alba*, *M. oleifera*, *T. gigantea*, *T. diversifolia*

Abstract

Objective: To characterize five protein plants and approach their effect on animal productivity and health.

Materials and Methods: The available literature related to the agronomy, agroecology and application in production and animal health of the species *Moringa oleifera* Lam., *Tithonia diversifolia* Hemsl., A. Gray, *Morus alba* L., *Trichanthera gigantea* H. & B. and *Cratylia argentea* Desv., was consulted, in order to analyze the results obtained in conventional agriculture and animal husbandry systems at international level and in Cuba.

Results: There is variability in the management, processing and conservation conditions of the forage of *M. oleifera*, *T. diversifolia*, *M. alba*, *T. gigantea* and *C. argentea*. Their crude protein contents oscillate between 13 and 33 %. They are sown in densities between 555 and 1 000 000 plants/ha. The yield varies from 3 to 35 t DM/ha/year, and they are abundant during the dry season. With these species between 5 and 7 kg milk/animal/day can be obtained and the animal weight gain can exceed 500 g/animal/day.

Conclusions: Due to their adaptation to the agricultural conditions of Cuba, biomass availability throughout the year and nutritional value, *M. oleifera*, *T. diversifolia*, *M. alba*, *T. gigantea* and *C. argentea* constitute forage resources of quality, with potentialities to supplement the animals and improve their health; besides, protecting the soil and decreasing the methane emission to the environment.

Keywords: *C. argentea*, *M. alba*, *M. oleifera*, *T. gigantea*, *T. diversifolia*

Introducción

La ganadería que se sustenta en pastos se asocia con la destrucción y degradación de los ecosistemas, pérdida de agua, biodiversidad del suelo e incremento de los efectos del cambio climático (Schultze-Kraft *et al.*, 2018). En Cuba, las áreas para

la alimentación animal están cubiertas, en mayor medida, por pastos naturales y, en menor proporción, por pastos mejorados, cuya productividad y calidad nutritiva depende del establecimiento, manejo, rehabilitación, fertilidad del suelo, época del año, empleo de fertilizantes, riego, carga animal y nivel

Recibido: 04 de enero de 2021

Aceptado: 11 de abril de 2021

Como citar este artículo: Ontivero-Vasallo, Yadiana. Caracterización de cinco arbustivas proteicas promisorias para la ganadería cubana. *Pastos y Forrajes*. 44:eE10, 2021.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido en Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> El uso, distribución o reproducción está permitido citando la fuente original y autores.

de pastoreo. La afectación en estos factores limita la disponibilidad de biomasa, lo que unido a la imposibilidad de acceder a productos concentrados, afecta la ganadería y obliga a los productores a buscar alternativas alimentarias en su localidad.

En Cuba, actualmente se trata de recuperar la masa ganadera que existía en los años 80, situación limitada por la deficiencia alimentaria que aún impera. Ante esta problemática, el Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, el Instituto de Ciencia Animal y la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey abogan por la utilización de arbustivas forrajeras como complemento alimentario. Estas plantas incrementan el contenido proteico y mineral en la ración, aumentan el consumo de materia seca (Savón-Valdés *et al.*, 2017) e influyen positivamente en la salud (Puerto-Abreu *et al.*, 2014; Jiwuba *et al.*, 2017) y productividad animal (Babiker *et al.*, 2017). Soportan mejor un manejo agrícola deficiente, evitan la erosión y la degradación de los suelos; además de mejorar su fertilidad, al incrementar el contenido de materia orgánica, calcio, potasio, magnesio y disminuir el contenido de sales (Mattar *et al.*, 2018; Navas-Panadero *et al.*, 2020). También, contribuyen a recuperar la macrofauna y microfauna, asociadas a los ecosistemas agrícolas (Navas-Panadero, 2019) y se pueden emplear para la fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados (Zeng *et al.*, 2020).

En Cuba, el criterio principal de selección de las especies proteicas depende de los productores y sus experiencias previas, las que no siempre son satisfactorias debido a prácticas erróneas. Por esta razón, se desarrollan campañas educativas y de capacitación acerca de los beneficios de estas plantas. Hoy es frecuente encontrar *Moringa oleifera* Lam., *Tithonia diversifolia* Hemsl., A. Gray y/o *Morus alba* L., en la dieta del ganado cubano (Savón-Valdés *et al.*, 2017). Recientemente, se estudia la posibilidad de producir *Trichanthera gigantea* H. y B. y *Cratylia argentea* Desv. para incrementar la disponibilidad de arbustivas con fines alimentarios. Debido a la importancia de estas especies, este trabajo tiene como objetivo caracterizar cinco plantas proteicas y abordar su efecto en la productividad y salud animal.

Materiales y Métodos

Se consultaron 200 trabajos, disponibles en la biblioteca del Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, Google Académico y ResearchGate, que abordan la agronomía, agroecología y aplicación en la alimentación animal de las especies *M. oleifera*,

T. diversifolia, *M. alba*, *T. gigantea* y *C. argentea*, con el propósito de analizar los resultados obtenidos en los sistemas convencionales de agricultura y ganadería a nivel internacional y en Cuba.

La búsqueda se centró en el período de 2016-2020, aunque se incluyeron trabajos de los últimos 30 años, ya que *C. argentea* y *T. gigantea* han sido menos estudiadas con respecto al resto de las especies analizadas en este estudio.

Características generales. *M. oleifera*, *T. diversifolia*, *M. alba*, *T. gigantea* y *C. argentea* presentan características morfológicas propias que facilitan su identificación. Sin embargo, su reconocimiento es un desafío para los productores ganaderos con poca experiencia agrícola. Por esta razón, se ofrece aquí una breve descripción de su morfología.

M. oleifera alcanza hasta 12 m de altura, tiene un tallo de aproximadamente 50 cm, raíces engrosadas, hojas compuestas, pinnadas, con foliolos pequeños. Su nivel de ramificación depende de las podas. Puede tener hasta tres picos de floración en un año, las flores son pequeñas y se disponen en inflorescencias racemosas. El fruto es una cápsula de 0,2-1,0 m de longitud y contiene, generalmente, entre 10 y 25 semillas oleaginosas (Yang *et al.*, 2015; Ledea-Rodríguez *et al.*, 2018).

T. diversifolia crece entre 2 y 5 m de altura, tiene hojas alternas, aserradas, pecioladas, lobuladas y en ocasiones glabras. Presenta inflorescencias en capítulo de color amarillo o naranja, similar a las del girasol. Las semillas son pequeñas y con viabilidad generalmente reducida, aunque se pueden emplear para el establecimiento del cultivo (Gallego-Castro *et al.*, 2017; Rodríguez *et al.*, 2019; Santos-Gally *et al.*, 2019).

M. alba alcanza 25 m de altura, aunque vinculada a la ganadería no suele sobrepasar los 3 m. Tiene una alta variabilidad en la morfología de las hojas, que son alternas, pecioladas, de color verde claro y con venas prominentes. Las ramas son grises, las flores pequeñas y se disponen en inflorescencias racemosas. Los frutos tienen de 2-6 cm de longitud, pueden ser de color blanco, rojo, morado o negro y contienen semillas pequeñas amarillas o marrón (Martín *et al.*, 2017; Sánchez-Salcedo *et al.*, 2017).

T. gigantea crece hasta 12 m de altura, con copa de 6 m de diámetro, muy ramificada y con nudos pronunciados. Tiene hojas pecioladas, grandes, opuestas, aserradas, vellosas, de color verde oscuro en el haz y más claras en el envés. Produce inflorescencias de 5-15 cm de longitud, con flores acampanadas de color amarillo ocre y anteras pubescentes que

sobresalen a la corola. El fruto es una cápsula pequeña y redonda, con 30-40 semillas blancas que tienen una baja viabilidad (Cuenca-Angamarca, 2018).

C. argentea es un arbusto de 3-6 m de altura, que produce entre 8-17 tallos basales. Las hojas son papiráceas, pubescentes o glabras. Las flores se ubican en inflorescencias de 30 cm, de color lila o blanco, con un desarrollo asincrónico. El fruto es una vaina dehiscente y aplanada, de 20 cm de longitud y 2 cm de ancho. Las semillas son circulares de 1,5 cm de diámetro y de color amarillo oscuro o marrón (Arango *et al.*, 2016).

Asociados a la morfología, existen otros caracteres que intervienen en la selección de una u otra especie y cuyo desconocimiento conlleva a resultados no deseados. A pesar de la sequía, *M. oleifera* y *C. argentea* mantienen abundante follaje (Yang *et al.*, 2015; Mattar *et al.*, 2020), lo que constituye una ventaja para los sistemas de producción que carecen de riego y reciben precipitaciones mínimas. *M. oleifera* puede crecer hasta 4 m de altura en un año (Yang *et al.*, 2015), mientras que *C. argentea* durante el primer año de establecimiento tiene un crecimiento lento (Aquino *et al.*, 2020), evidenciado en que durante sus primeros cinco meses de desarrollo no supera los 81 cm de altura (Rincón, 2005). *M. oleifera* y *T. diversifolia* rebrotan rápidamente con respecto a otras arbustivas proteicas como *M. alba* (Savón-Valdés *et al.*, 2017), carácter que resulta ventajoso para los ganaderos, sobre todo en la época poco lluviosa.

Estas cinco plantas soportan suelos ácidos y pobres, aunque solo *T. diversifolia* se desarrolla favorablemente en sustratos deficientes en fósforo. A pesar de esto, un suelo con buena disponibilidad de nutrientes favorece su crecimiento (Rivera *et al.*, 2018).

Al ser una leguminosa, *C. argentea* contribuye a la fijación de nitrógeno y *T. gigantea* es excelente para los lugares que presentan precipitaciones abundantes (Arango *et al.*, 2016). En tanto, *M. oleifera* no resiste el encharcamiento y se considera una especie altamente extractora de nutrientes (Yang *et al.*, 2015). De estas plantas, la menor lignificación en los tallos de *T. diversifolia* favorece su corte, procesamiento y consumo animal; además, la experiencia de productores nacionales la ubican como la planta proteica más rústica y de más amplio uso.

Algunos estudios han demostrado que el consumo de *M. oleifera*, *T. diversifolia* y *M. alba* reduce la producción de metano ruminal (Savón-Valdés *et al.*, 2017), lo que es un indicativo de eficiencia en la utilización de la energía y afecta, en menor medida, el

medio ambiente. Experiencias prácticas evidencian que, cuando transcurre el tiempo óptimo de cosecha de *T. diversifolia*, disminuye su biomasa y se torna amarga, lo que influye en su palatabilidad y obliga a suministrarla con otros productos para que el ganado la acepte.

Requerimientos agronómicos, propagación y rendimiento. El manejo agrícola en las plantas proteicas suele ser deficiente, y aunque se pueden desarrollar con un mínimo de atenciones, un suministro de agua estable estimula el desarrollo foliar, y el empleo de fertilizantes y abonos favorecen su crecimiento (González-Crespo y Crespo-López, 2016), por tanto, aprender a equilibrar el manejo es una prioridad para los productores. En la tabla 1 se muestran algunas generalidades del proceder agrotécnico de *M. oleifera*, *T. diversifolia*, *M. alba*, *T. gigantea* y *C. argentea*.

La densidad de siembra de *M. oleifera*, *T. diversifolia*, *M. alba*, *T. gigantea* y *C. argentea* se encuentra entre 555 y 1 000 000 plantas/ha; menores densidades están relacionadas con la producción de semillas, y las mayores con la obtención de forraje (Gallego-Castro *et al.*, 2017; Padilla *et al.*, 2017). Las ventajas de las mayores densidades de siembra, en el caso de *T. diversifolia* y *C. argentea*, es que se obtiene mayor contenido de materia seca por corte (Londoño *et al.*, 2019). Sin embargo, estas mismas condiciones de cultivo en *M. oleifera*, además de generar grandes gastos de semillas, provocan mayor tasa de repoblación debido a la alta competencia que se genera entre plantas y que provoca menor grosor del tallo, altura, enraizamiento y vigor (Sosa-Rodríguez *et al.*, 2017).

Las plantas proteicas se siembran por semillas gámicas y agámicas, y cada método tiene sus requerimientos, ventajas y desventajas. El establecimiento de cultivos por semillas gámicas depende de su disponibilidad, en la que influye la frecuencia de floración y fructificación de cada especie y/o variedad. Este es un proceso que demora entre seis meses y un año, aunque en las plantaciones jóvenes suele ser limitado, lo que conlleva a que este tiempo de producción se duplique. En el caso de *T. gigantea* y *T. diversifolia*, sus semillas gámicas no suelen ser una opción recomendada para el cultivo a gran escala, debido a su baja viabilidad (0-20 %) (Gallego-Castro *et al.*, 2017; Cuenca-Angamarca, 2018). No obstante, resultados en Cuba, enfocados en la germinación de *T. diversifolia*, demuestran que alcanza hasta 54,9 % (Rodríguez *et al.*, 2019). A pesar de ello, los productores cubanos recurren a la propagación asexual de *T. diversifolia* por sus buenos resultados.

Tabla 1. Propagación, manejo agronómico y producción de biomasa de cinco arbustivas proteicas.

Indicador	<i>M. oleifera</i>	<i>T. diversifolia</i>	<i>M. alba</i>	<i>T. gigantea</i>	<i>C. argentea</i>
Propagación	Semillas y estacas	Estacas	Semillas y estacas	Estacas	Semillas y estacas
Distancia de siembra para la producción de semilla, m	3 x 2,5 y 3 x 3	0,7 x 1	3x3; 4x4	No se realiza	3 x 3
Distancia para la producción de forraje, m	0,1-0,1 a 1 x 1	0,5 x 0,5 a 1 x 1	0,5 x 0,5 a 1 x 1	0,5 x 0,5 a 1 x 1	0,5 x 0,5 a 1,5 x 1,5
Corte de establecimiento	5 - 6 mes	6 meses	6 meses - 1 año	6 meses	6 meses
Altura corte semilla, m	1,5-2,0	0,15-0,25	0,15-0,25	No se realiza	No se realiza
Altura corte forraje, m	0,2-0,7	0,1-0,7	0.05-0.5 m	1-1,5 m	0,25-0,9
Frecuencia de corte, días	35-45 [*] y 60 ^{**}	30-60 [*] y 60-90 ^{**}	35-60 [*] y 60-75 ^{**}	50, 60 y 90 ^{***}	45, 56, 60, 75, 84, 90, 112 y 120 ^{**}
Rendimiento, t de MF/ha/año	30-100	27-100	50-60	32-68	31-42
Rendimiento, t de MS/ha/año	20-30	13-22	12-35	No se reporta	3-12,7
Referencias	Yang <i>et al.</i> (2015), Padilla <i>et al.</i> (2017)	Gallego-Castro <i>et al.</i> (2017), Londoño <i>et al.</i> (2019), Rossner <i>et al.</i> (2019)	Martín <i>et al.</i> (2017) Eshetu <i>et al.</i> (2018)	Cuenca-Angamarca (2018), Kien <i>et al.</i> (2020)	Arango <i>et al.</i> (2016), López-Herrera y Briceño-Arguedas (2016), Navas-Panadero <i>et al.</i> (2020)

^{*}Período lluvioso, ^{**} período poco lluvioso, ^{***} no hay distinción entre las épocas del año
MF: materia fresca, MS: materia seca

Elevadas temperaturas y humedad durante el almacenamiento de las semillas gámicar provoca grandes pérdidas de viabilidad y vigor. Estas condiciones son frecuentes en los almacenes de las fincas ganaderas, por lo que se recomienda establecer las plantaciones con semillas jóvenes o realizar previamente pruebas de germinación, para evitar gastos materiales innecesarios. Particularmente, en *M. alba* se debe cuidar el manejo de sus semillas, ya que al ser muy pequeñas se deben sembrar superficialmente, lo que incrementa la probabilidad de que sean arrastradas con las fuertes lluvias o por un riego inadecuado.

La siembra por semillas agámicas o estacas se ha aplicado en estas cinco plantas proteicas, aunque el establecimiento de *M. oleifera* se suele hacer mediante semillas gámicar. La efectividad en el rebrote de las estacas depende de la posición en que se coloquen (horizontal o vertical), su longitud, diámetro, número de nudos y edad de la planta

madre (Rossner *et al.*, 2019); además, no se pueden almacenar porque se afecta su viabilidad (Gallego-Castro *et al.*, 2017). Como requisitos mínimos para garantizar un alto porcentaje de establecimiento se recomienda que las estacas tengan al menos dos nudos, y diámetro no inferior a 1 cm o superior a 6 cm (Ledeá-Rodríguez *et al.*, 2018). Las plantas reproducidas vegetativamente tienen un sistema radical superficial y débil (Santos-Gally *et al.*, 2019), lo que en el contexto cubano hace a las plantaciones más susceptibles a los ciclones y les impide acceder al agua y los nutrientes que se encuentran en los estratos más profundos del suelo. Se debe tener en cuenta que poblaciones de procedencia vegetativa son genéticamente idénticas a la planta madre, con las implicaciones positivas y negativas que esto conlleva.

La disponibilidad de semillas gámicar y agámicas constituye el factor principal que limita la siembra de las plantas proteicas. Actualmente,

existen proyectos nacionales que buscan incrementar la producción de ambos tipos de semillas; sin embargo, las cantidades reales de áreas semilleras son insuficientes para cubrir la demanda que tiene la ganadería.

La biomasa arbórea depende de la densidad de siembra, período del año, frecuencia y altura de corte y fertilidad del suelo (López-Herrera y Briceño-Arguedas, 2016; Padilla *et al.*, 2017). En el manejo de las plantas proteicas, el corte de establecimiento contribuye a modelar la arquitectura aérea para facilitar su manejo e incrementar la producción de ramas, hojas, frutos y semillas (Eshetu *et al.*, 2018; Kien *et al.*, 2020). Las podas regulares favorecen el desarrollo foliar, eliminan las ramas viejas y limitan el crecimiento apical, lo que resulta en cultivos más productivos y resistentes a las inclemencias del tiempo. Es frecuente pensar que menores alturas de corte favorecen la obtención de mayor cantidad de biomasa, y no se considera que este proceder afecte eventualmente el rebrote y supervivencia de la población, sobre todo en los períodos poco lluviosos.

Valor nutritivo y composición química. Los cambios en el valor nutritivo de los árboles y arbustos son menos drásticos que en los pastos; sus modificaciones dependen de la variedad, fecha de corte, estado fisiológico, región y período de siembra, manejo agrícola, técnicas de procesamiento y conservación (López-Herrera y Briceño-Arguedas, 2016; Navas-Panadero, 2019). Por esta razón, el empleo de iguales cantidades de estas especies en la dieta animal durante el año puede que no genere los mismos beneficios.

En la tabla 2 se presenta la composición química de *M. alba*, *T. diversifolia*, *M. alba*, *T. gigantea* y *C. argentea*. Se debe considerar que los resultados aquí reflejados son meramente referenciales y evidencian una amplia variabilidad, según las condiciones en que se registraron los datos, por lo que es posible que cambie la concentración, aparición y detección de cualquiera de los componentes en el transcurso de las investigaciones y según los sistemas productivos.

En estas plantas es relevante que contienen un nivel de proteína bruta (PB) superior al 15 %, lo que les permite suplir los requerimientos nutricionales

Tabla 2. Composición química del forraje de cinco arbustivas proteicas.

Indicador	<i>M. oleifera</i>	<i>T. diversifolia</i>	<i>M. alba</i>	<i>T. gigantea</i>	<i>C. argentea</i>
Materia seca	>19 %	>12,4 %	>13,4	>18 %	>18 %
Proteína bruta	15-30 %	13-33 %	15-28 %	17-22 %	18-30 %
FDN	42-59 %	17-55 %	26-38 %	28-50 %	43-70 %
FDA	15-49 %	19-48,8 %	16-37 %	21-41 %	34-48 %
Macronutrientes	Ca 1,5 – 3,65 % y P 0,30 %	Ca 0,83-3,14 % y P 0,25- 0,6 %,	Ca 0,7-2,7 % y P 0,14-0,23 %	Ca 0,6-4,5 % y P 0,22-0,43 %	Ca 1,2-1,63 % y P 0,15 %
Vitaminas y aminoácidos (alta concentración)	Vitamina A, B, C, E, metionina, lisina y cisteína	Vitamina C	Vitamina B, C y aminoácidos esenciales	Metionina	No hay referencias
Metabolitos secundarios	Taninos, taninos condensados, saponinas y fenoles	Cumarina, taninos y fenoles	Taninos alcaloides, saponinas, antocianidina triterpenos y cumarinas	Taninos, alcaloides, antocianidina, triterpenos, saponinas, cumarinas y esteroides	Esteroles, fenoles y taninos
Referencias	Moyo <i>et al.</i> (2011), Savón-Valdés <i>et al.</i> (2017), Navas-Panadero (2019)	Gallego-Castro <i>et al.</i> (2017), Rivera <i>et al.</i> (2018)	Sánchez-Salcedo (2017), Savón-Valdés <i>et al.</i> (2017), Tesfay <i>et al.</i> (2017a)	Castaño (2012), Balraj <i>et al.</i> (2018), Kien <i>et al.</i> (2020)	Cobo <i>et al.</i> (2002), Rodríguez <i>et al.</i> (2015), Arango <i>et al.</i> (2016), Roa-Vega <i>et al.</i> (2017)

FDN: Fibra detergente neutro, FDA: Fibra detergente ácido

de los microorganismos ruminales. A pesar de esto, solo para *M. oleifera*, *T. diversifolia* y *C. argentea*, se ha informado más de 30 % de PB (Arango *et al.*, 2016; Savón-Valdés *et al.*, 2017; Rivera *et al.*, 2018). En estas arbustivas, el nivel de fibra detergente neutro (FDN) no suele ser elevado, por lo que estimulan la rumia y evitan la acidosis (Van Soest *et al.*, 1991). No obstante, se ha informado hasta 70 % de FDN para *C. argentea* (Roa-Vega *et al.*, 2017).

Los buenos aportes de macro y micronutrientes constituyen una de las características que contribuye a la gran demanda que tienen estas especies. Particularmente, el calcio y el fósforo son fundamentales para los animales en crecimiento o que producen leche. *T. diversifolia*, *T. gigantea* y *M. oleifera* pueden alcanzar entre 1,5-4,5 % de calcio y entre 0,3-0,6 % de fósforo.

M. oleifera, *T. diversifolia*, *M. alba*, *T. gigantea* y *C. argentea* presentan metabolitos secundarios, los que en grandes cantidades afectan la capacidad de los microorganismos ruminales para degradar la materia orgánica del alimento (Riascos-Vallejos *et al.*, 2020), aunque el nivel de estos compuestos en dichas especies es bajo o moderado, por lo que no afecta la palatabilidad, consumo o digestibilidad de sus forrajes (Gallego-Castro *et al.*, 2017).

Papel de las arbustivas proteicas en la producción animal. Las plantas proteicas tienen una digestibilidad y degradabilidad entre 48 y 91 % (Eshetu *et al.*, 2018; González-Arcia *et al.*, 2018; Navas-Panadero, 2019). Se ofertan frescas, presecadas, en forma de heno, harina, bloques multinutricionales y ensilaje (Rodríguez *et al.*, 2015; Tesfay *et al.*, 2017a; Dong *et al.*, 2020; Rodríguez *et al.*, 2020), lo que permite contar con alternativas de conservación y selección en función de la época del año, la preferencia animal y las posibilidades de los productores. La baja disponibilidad de carbohidratos de fácil fermentación en *T. gigantea* dificulta su ensilaje (Castaño, 2012), por lo que se deben incorporar productos ricos en azúcares o microorganismos con acción ácido-láctica, o ambos, de modo que se facilite el proceso de conservación y mejore la calidad del ensilado. Con este proceder se han informado excelentes resultados en los ensilajes de *M. oleifera* y *M. alba* (Dong *et al.*, 2020; Rodríguez *et al.*, 2020).

M. oleifera, *T. diversifolia*, *M. alba*, *T. gigantea* y *C. argentea* resisten el ramoneo y, por tanto, permiten establecer sistemas silvopastoriles (Arango *et al.*, 2016). Su incorporación favorece la sostenibilidad del ecosistema pecuario, al mejorar la fertilidad del suelo y beneficiar el desarrollo de las pasturas, lo que contribuye al aumento de la carga animal y su productividad (Santos-Gally *et al.*, 2019).

En la ración se incluye, generalmente, entre 0,08 y 10 kg de plantas proteicas (Savón-Valdés *et al.*, 2017; Tesfay *et al.*, 2017b), cantidad que depende del resto de los componentes de la dieta, y que es difícil controlar en los sistemas silvopastoriles. Su consumo beneficia la ganancia de peso y producción de leche, siempre que su incorporación satisfaga las necesidades nutricionales. En Cuba existe mayor disponibilidad de pasturas que de forraje de arbustivas, por lo que las producciones actuales no permiten suplementar adecuadamente al ganado, lo que afecta negativamente la ganadería.

En el ámbito internacional, la sustitución parcial o total de alimentos industriales concentrados, sin tener en cuenta el aporte nutricional de un producto respecto a otro, genera resultados poco alentadores (Balraj *et al.*, 2018). Hipotéticamente, si se brindan cantidades adecuadas de plantas proteicas, pero no se satisfacen las necesidades de minerales, pastos y agua, tampoco se observarán resultados positivos en el rendimiento animal.

La incorporación de *M. oleifera*, como sustituta del heno de *Medicago sativa* L., estimuló la producción de leche en 2,63 y 5,34 kg/día para ovejas y cabras, respectivamente; así como el contenido de grasa, lactosa, sólidos no grasos, vitamina C y compuestos antioxidantes (Babiker *et al.*, 2017). Su inclusión en 2 y 3 kg en la alimentación de vacas permitió obtener 1,8 y 2 kg/día/vaca, respecto al grupo que no recibió *M. oleifera* (Reyes, 2006). La presencia de *T. diversifolia* en un sistema silvopastoril permitió incrementar la carga animal por hectárea de 1,84 a 2,71 y estimuló la producción y calidad de la leche (15,4 kg/ha/día con 3,39 % de proteína), resultados que son superiores a los obtenidos con un sistema convencional (9,7 kg/ha/día con 3,35 % de proteína) (Rivera *et al.*, 2015). La incorporación de 0,45 kg/día de *M. alba* en la ración de búfalos permitió obtener 7,67 kg de leche/día/animal con 5,36 % de proteína, producciones superiores a las informadas para los animales que no consumieron *M. alba* (Li *et al.*, 2020). La combinación de pasto Taiwán con forraje fresco de *M. alba* y *T. gigantea* permitió producir 5,8 kg de leche/vaca/día con 4,89 % de materia grasa y 5,4 kg de leche/vaca/día con 4,95 % de materia grasa; resultados superiores a lo informado en animales que solo recibieron pasto (Laguna-Gámez, 2018). Otro estudio, también con *T. gigantea*, demostró que su inclusión en un 30 % incrementó en 0,35 L de leche/vaca/día y en 0,07 % el contenido de proteína, aunque no influyó en el contenido graso

(Cuenca-Angamarca, 2018). La suplementación con 2 y 3 kg de *C. argentea* estimuló la producción de leche en 5,1 y 5,7 kg/día con respecto al consumo de ensilaje de sorgo (*Sorghum bicolor* L.), que fue 3,9 kg/día (Reyes, 2006). Sin embargo, Laguna-Gámez (2018) observó que *C. argentea* fresca estimula una mayor producción de leche (4,2 %) con respecto a *C. argentea* ensilada (3,9 %); no obstante, esta última alternativa permite incrementar el contenido de grasa (4,0 %) en comparación con el forraje de dicha especie (3,5 %).

Estas arbustivas también influyen en la condición corporal animal. La incorporación de *M. oleifera* como sustituto del heno de *M. sativa* L. estimuló la ganancia de peso en corderos y cabras, en 320 y 183 g, si se compara con lo registrado en animales de esta categoría alimentados con heno, cuyos incrementos fueron de 234 y 164 g, respectivamente (Babiker *et al.*, 2017).

Iraola *et al.* (2019) en la ceba de toros en pastoreo, suplementados con 4 kg de ensilado de *M. oleifera*, obtuvieron ganancias diarias (703 g) y final de peso (42,2 kg) superiores a lo que registraron en toros que recibieron 4 kg de forraje (ganancia diaria 541 g y ganancia final 32,5 kg).

La incorporación de 30 % de *T. diversifolia* a la dieta de corderos en crecimiento contribuyó a la ganancia de peso durante cinco semanas. Este resultado supera lo informado por Cadena-Villegas *et al.* (2020), quienes utilizaron una dieta tradicional basada en concentrado y ensilaje de *Zea mays* L., con la que alcanzaron ganancias entre 10 y 60 g/día, unido a una mejor conversión alimentaria.

En terneros suplementados con bloques multinutricionales de *M. alba* (0,933 kg/día), Cabrera-Núñez *et al.* (2016) lograron mayor ganancia de peso que la obtenida en terneros que recibieron dichos bloques sin esta arbustiva (0,866 kg/día). Además, la incorporación de *M. alba* como sustituta de concentrados en la ración de corderos incrementó el peso en un rango entre 0,64 y 0,76 kg/día, lo que estuvo relacionado con una mayor conversión alimentaria (Tesfay *et al.*, 2017a).

También se reportó ganancias de peso en ovejas de 60 días de edad cuando consumen *C. argentea* (Silva *et al.*, 2018), así como en terneros en desarrollo (68,65 kg), respecto a los que no consumieron este alimento (59,05 kg) (Benavides-Calvache *et al.*, 2010). En un estudio realizado con corderos en pastoreo se observó que no existen problemas de selectividad con el forraje fresco de *C. argentea*, ya que estos consumieron 1 210 g/día, valor semejante

al registrado por Rodríguez *et al.* (2015) en un trabajo con *Leucaena leucocephala* (Lam) de Witt, que fue 1 214 g/día.

La suplementación de toros en pastoreo con *Saccharum officinarum* L. y *C. argentea* permitió mantener una carga de 5 animales/ha, con ganancia de peso vivo de 1 t/ha/año (Rincón, 2005). También, la incorporación de 20 % de *T. gigantea* en la dieta de bovinos incrementó la ganancia de peso diario (0,555 kg) en relación a los animales que solo consumieron pasto (0,433 kg/día) (Olarte-Díaz, 2018).

Efecto en la salud animal. La incorporación de 15 % de harina de *M. oleifera* en la ración de cabras influye positivamente sobre su sistema inmune al aumentar el volumen celular medio, el volumen de células empaquetadas y el número de glóbulos blancos (Jiwuba *et al.*, 2017). En tanto, su contenido de metabolitos secundarios afecta el desarrollo de los huevos y la coordinación neuromuscular de las larvas de los nemátodos que atacan el sistema gastrointestinal del ganado, a la vez que brindan resistencia a futuras infecciones (Puerto-Abreu *et al.*, 2014). El forraje de *M. alba* en bajas cantidades disminuye el estrés calórico que experimentan los búfalos en las zonas tropicales (Li *et al.*, 2020) y en forma de ensilaje en la dieta de vacas Holstein, mejora la capacidad antioxidante en la sangre y disminuye la presencia de bacterias patógenas del género *Tyzzereella* en el intestino (Hao *et al.*, 2020). El follaje de *C. argentea* actúa como antiparasitario, al disminuir a los 42 días el número de huevos de nemátodos en las heces de las ovejas, efecto que se asocia a su contenido de metabolitos secundarios (Silva *et al.*, 2018). Además, bovinos en pastoreo suplementados con 3,5 kg de materia seca de *C. argentea* tienen mayor contenido de nitrógeno ureico sanguíneo, glicemia, aspartato aminotransferasa, proteína total, colesterol y triglicéridos (Roa-Vega *et al.*, 2017). El contenido de metabolitos secundarios de *T. gigantea* contribuye a disminuir la presencia de endoparásitos, limita la aparición de timpanismo y se emplea para curar las hernias y arrojar la placenta en los equinos (Pérez, 1990).

La mayor incógnita y deficiencia en cuanto a esta alternativa de medicamentos naturales está dada en que no existen protocolos elaborados para incorporar de forma estable estos productos en la ganadería con fines sanitarios. Aspectos como el método de administración, frecuencia, cantidad de suministro, alternativas de conservación, resultados a largo plazo y afecciones sobre las que influyen, aún se deben determinar y, por tanto, constituyen líneas futuras de investigación para los centros enfocados en la ciencia animal.

Consideraciones finales

La adaptación a las condiciones agrícolas cubanas, disponibilidad de biomasa durante todo el año y valor nutritivo determinan que *M. oleifera*, *T. diversifolia*, *M. alba*, *T. gigantea* y *C. argentea* sean consideradas recursos forrajeros de calidad para suplementar a los animales y mejorar su salud. A su vez, estas especies contribuyen a la sostenibilidad de la industria ganadera, al proteger e incrementar la calidad del suelo y disminuir la emisión de metano al medio.

En Cuba, el conocimiento adquirido sobre las técnicas de manejo y procesamiento de *M. oleifera*, *T. diversifolia* y *M. alba* posibilita que los productores ganaderos tengan mayor confianza en su empleo, lo que limita el uso de *T. gigantea* y *C. argentea*. Por tanto, son necesarios estudios agronómicos, fisiológicos, genéticos, de procesamiento del forraje y nutrición, que permitan desarrollar tecnologías para el manejo de *T. gigantea* y *C. argentea* y para su inclusión adecuada en la dieta del ganado. A pesar de esto, se debe enfatizar en que para todas estas plantas aún existen dificultades en lo que respecta al manejo agrotécnico, principalmente en las atenciones culturales que se aplican.

Para la inclusión en la dieta de las plantas proteicas aquí abordadas, hay que tener en cuenta que las cantidades idóneas de forraje variarán en función de la especie animal, su estado de desarrollo y la ración que consume. Se recomienda que cada productor evalúe durante un año el efecto que tienen diferentes cantidades de *M. oleifera*, *T. diversifolia*, *M. alba*, *T. gigantea* y *C. argentea* en el desempeño productivo animal, para que determinen el volumen de alimento proteico que tienen que incorporar a la ración, y obtener así una productividad máxima.

Conflicto de intereses

-

Contribución de los autores

- Yadiana Ontivero-Vasallo. Elaboró y redactó el manuscrito.

Referencias bibliográficas

- Aquino, A. M. de S.; Mattar, E. P. L.; Farinatti, L. H. E.; Cruz, L. R. da; Costa, A. P. de O.; Jr., E. F. Frade *et al.* Establishing *Cratylia argentea* in an Ultisol in the West of Acre, Southwestern Amazon, Brazil. *Trop. Grassl.* 8 (3):289-294, 2020. DOI: [https://doi.org/10.17138/TGFT\(8\)289-294](https://doi.org/10.17138/TGFT(8)289-294).
- Arango, J.; Gutiérrez, J. F.; Mazabel, J.; Pardo, P.; Enciso, K.; Burkart, S. *et al.* Estrategias tecnológicas para mejorar la productividad y competitividad de la actividad ganadera: Herramientas para enfrentar el cambio climático. Cali, Colombia: CIAT, 2016.
- Babiker, E. E.; Juhaimi, F. A. L.; Ghafoor, K. & Abdoun, K. A. Comparative study on feeding value of Moringa leaves as a partial replacement for alfalfa hay in ewes and goats. *Livest. Sci.* e195:21-26, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2016.11.010>.
- Balraj, D.; Krishnamoorthy, U.; Nayak, B. S. & Paul, A. Effect of partial replacement of commercial sheep ration with *Trichanthera gigantea* (nacedero) leaves on feed intake and carcass yield of barbados blackbelly lambs. *Indian J. Small Ruminant.* 24 (2):264-268, DOI: <http://doi.org/10.5958/0973-9718.2018.00062.4>.
- Benavides-Calvache, C. A.; Valencia-Murillo, M. & Estrada-Álvarez, J. Efecto de la veranera forrajera (*Cratylia argentea*) sobre la ganancia de peso de ganado doble proposito. *Vet. Zootec.* 4 (1):23-27. <http://190.15.17.25/vetzootec/downloads/v4n1a03.pdf>, 2010.
- Cabrera-Núñez, Amalia; Daniel-Rentería, Iliana Del C.; Lammoglia-Villagómez, M. Á.; Martínez-Sánchez, C. E.; Alarcón-Pulido, Sara A. & Rojas-Ronquillo, Rebeca. White mulberry (*Morus alba*) foliage as a feeding supplement for growing calves. *J. Agric. Sci. Technol.* 6:59-63, 2016. DOI: <https://doi.org/10.17265/2161-6256/2016.01.006>.
- Cadena-Villegas, S.; Martínez-Maldonado, H. G.; Sosa-Montes, E.; Mendoza-Pedroza, S. I.; Salinas-Rios, T.; Flores-Santiago, E. J. *et al.* Use of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray in the diet of growing lambs. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 72 (5):1929-1935, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11923>.
- Castaño, G. A. Efecto del proceso de ensilaje sobre el valor nutricional de *Pennisetum purpureum*, *Tithonia diversifolia* y *Trichanthera gigantea*. *Invest Unisarc.* 10 (2):22-36, 2012.
- Cobo, J. G.; Barrios, E.; Kass, D. C. L. & Thomas, R. J. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. *Plant Soil.* 240:331-342, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1015720324392>.
- Cuenca-Angamarca, M. F. *Utilización de raciones suplementarias a base de quiebra barriga (Trichanthera gigantea) en la alimentación de vacas en producción en la quinta experimental Punzara de la Universidad Nacional de Loja*. Tesis de grado para obtener el título de Médico Veterinario Zootecnista. Loja, Ecuador: Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja, 2018.
- Dong, Z.; Wang, S.; Zhao, J.; Li, J. & Shao, T. Effects of additives on the fermentation quality, in vitro digestibility and aerobic stability of mulberry (*Morus alba* L.) leaves silage. *Asian-Australas J. Anim. Sci.* 33 (8):1292-1300, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0420>.

- Eshetu, T.; Negesse, T. & Nurfeta, A. Biomass yield, chemical composition, *in-vitro* organic matter digestibility and gas production of morphological fractions of mulberry (*Morus alba*) plant harvested at three cutting stages. *American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci.* 18 (4):173-184, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5829/idosi.aejaes.2018.173.184>.
- Gallego-Castro, L. A.; Mahecha-Ledesma, Liliana & Angulo-Arizala, J. Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto. *Agron. Mesoam.* 28 (1):213-222, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21671>.
- González-Arcia, M. N.; Alonso-Díaz, M. Á.; Valles-de-la-Mora, B.; Castillo-Gallegos, E. & Ku-Vera, J. C. Nitrogen balance of bullocks fed *Cratylia argentea* and *Brachiaria arrecta* Hay. *Ecosistemas y recur. agropecuarios.* 5 (15):523-536, DOI: <https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1491>, 2018.
- González-González, C. E. & Crespo-López, G. J. Respuesta de *Moringa oleifera* Lam a estrategias de fertilización en suelo Ferralítico rojo lixiviado. *Pastos y Forrajes.* 39 (3):106-110. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942016000300004&lng=es&tng=es, 2016.
- Hao, Y.; Huang, S.; Si, J.; Zhang, J.; Gaowa, N.; Sun, X. *et al.* Effects of paper mulberry silage on the milk production, apparent digestibility, antioxidant capacity, and fecal bacteria composition in Holstein dairy cows. *Animals, Basel.* 10 (7):1152, 2020 DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10071152>.
- Iraola, J.; Rodríguez, R.; Elías, A.; García, Yenny & Hernández, J. L. Evaluación del peso vivo de toros en pastoreo, suplementados con ensilado de Cenchrus, Moringa, una fuente amilácea y VITAFERT®. *Cuban J. Agric. Sci.* 53 (1):29-34. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802019000100029&lng=es&tng=es, 2019.
- Jiwuba, P. C.; Ahamefule, F. O.; Ogbuwu, I. P. & Ikwunze, K. Blood chemistry and haematology of West African Dwarf goats fed *Moringa oleifera* leaf meal (MOLM) in their diet. *Comp. Clin. Pathol.* 26:621-624, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00580-017-2434-2>.
- Kien, T. T.; Khoa, M. A.; Hoan, T. T. & Hien, T. Q. Effect of cutting intervals on yield and quality of the green fodder *Trichanthera gigantea*. *AGROFOR Int. J.* 5 (1):22-29, 2020. DOI: <https://doi.org/10.7251/AGRENG2001022K>.
- Laguna-Gámez, J. C. Árboles forrajeros, alternativas proteicas para mejorar la producción y calidad de la leche en bovinos doble propósito, Departamento de Matagalpa, Nicaragua, 2009-2011. *Rev. Cient. Tecnol.* 1 (2):29-36. <https://www.revistarecientec.unan.edu.ni>, 2018.
- Ledeá-Rodríguez, J. L.; Benítez, D. G. & Rosell, Gisele. Evaluación del cultivo de *Moringa oleifera*. *Experiencias de Cuba*. España: Editorial Académica Española, 2018.
- Li, M.; Hassan, F.; Tang, Z.; Peng, L.; Liang, X.; Li, Lili *et al.* Mulberry leaf flavonoids improve milk production, antioxidant and metabolic status of water buffaloes. *Front. Vet. Sci.* 7 (599). <http://www.10.3389/fvets.2020.00599>, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00599>.
- Londoño, J.; Mahecha, Liliana & Angulo, J. Desempeño agronómico y valor nutritivo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray para la alimentación de bovinos. *RECIA.* 11 (1), 2019. DOI: <https://doi.org/10.24188/recia.v0.n0.2019.693>.
- López-Herrera, M. & Briceño-Arguedas, E. Efecto de la frecuencia de corte y la precipitación en el rendimiento de *Cratylia argentea* orgánica. *Nut. Anim. Trop.* 10 (1):24-44, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/nat.v10i1.24703>.
- Martín, G. J.; Pentón, Gertrudis; Noda, Yolai; Milera, Milagros; Olivera, Yuseika; Valenciaga, Nurys *et al.* Management of *Morus alba* L. (mulberry). In: Lourdes L. Savón-Valdés, Odilia Gutiérrez-Borroto and G. Febles-Pérez, eds. *Mulberry, moringa and tithonia in animal feed, and other uses. Results in Latin America and the Caribbean*. San José de las Lajas, Cuba: FAO, EDICA. 2017.
- Mattar, E. P. L.; Barros, T. T. V.; Brasileiro, B. P.; Mattiello, E. M.; Coelho, M. R. R.; Gama, G. F. V. *et al.* Response of *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntzeto inoculation with *Rhizobium* sp. and *Bradyrhizobium* sp. strains. *Aust. J. Crop Sci.* 12 (6):849-854, 2018. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.06.PNE524>.
- Mattar, E. P. L.; Matrangolo, W. J. R.; Brasileiro, B. P.; Jr., E. F. Frade; Albuquerque, Thais A. de; Oliveira, J. R. de *et al.* Terra Ronca State Park: A potential natural *Cratylia argentea* (Desv.) Kuntze conservation area in Goiás, Brazil. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales.* 8 (3):280-288, 2020. DOI: [https://doi.org/10.17138/TGFT\(8\)280-288](https://doi.org/10.17138/TGFT(8)280-288).
- Moyo, B.; Masika, P. J.; Hugo, A. & Muchenje, V. Nutritional characterization of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *Afr. J. Biotechnol.* 10 (60):12925-12933. <http://www.academicjournals.org/AJB>, 2011.
- Navas-Panadero, A. Bancos forrajeros de *Moringa oleifera*, en condiciones de bosque húmedo tropical. *Cienc. Tecnol. Agropecuaria.* 20 (2):207-218, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21930/rcta.vol20num2art.1457>.
- Navas-Panadero, A.; Daza, J. I. & Montaña, V. Desempeño de bancos forrajeros de *Cratylia argentea* (Desv.) Kuntze, en suelos degradados en el departamento de Casanare. *Rev. Med. Vet. Zoot.* (39):29-42, 2020. DOI: <https://doi.org/10.19052/mv.vol1.iss39.3>.
- Olarte-Díaz, E. A. Evaluación de ganancia de peso en bovinos mediante la suplementación con aro (Tri-

- chanthera gigantea*) en la finca La Esperanza municipio de Vélez. Colombia: Escuela de Ciencias Agrarias Pecuarias y Medio Ambiente, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2018.
- Padilla, C.; Valenciaga, Nurys; Crespo, G.; González, Daimarys & Rodríguez, Idalmis. Requerimientos agronómicos de *Moringa oleifera* (Lam.) en sistemas ganaderos. *LRRD*. 29 (11). <http://www.lrrd.org/lrrd29/11/idal29218.html>, 2017.
- Pérez, E. *Plantas útiles de Colombia*. 14 ed. Medellín, Colombia: Editorial Víctor Hugo, 1990.
- Puerto-Abreu, Mileydy; Arece-García, J.; López-Leyva, Y.; Roche, Yaima; Molina, M.; Sanavria, A. *et al.* Efecto *in vitro* de extractos acuosos de *Moringa oleifera* y *Gliricida sepium* en el desarrollo de las fases exógenas de estrongídeos gastrointestinales de ovinos. *Rev. Salud Anim.* 36 (1):28-34. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X2014000100005&lng=es, 2014.
- Reyes, N. *Moringa oleifera* and *Cratylia argentea*: potential fodder species for ruminants in Nicaragua. PhD Thesis. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences, 2006.
- Riascos-Vallejos, A. R.; Reyes-González, J. J.; Valenciaga-Gutiérrez, D. & Apráez-Guerrero, J. E. Ruminal degradability of supplements based on three native forages and adapted to the Colombian Amazonian piedmont. *Cuban J. Agric. Sci.* 54 (2):193-207. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802020000200193&lng=es&tlng=en, 2020.
- Rincón, A. C. Ceba de bovinos en pasturas de *Brachiaria decumbens* suplementados con caña de azúcar y *Cratylia argentea*. *Pasturas Tropicales*. 27 (1):2-12. https://tropicalgrasslands.info/public/journals/4/Elements/DOCUMENTS/2005-vol27-rev1-2-3/Vol_27_rev1_05_pages_2-12.pdf, 2005.
- Rivera, J. E.; Chará, J.; Gómez-Leyva, J. F.; Ruiz, T. & Barahona, R. Variabilidad fenotípica y composición fitoquímica de *Tithonia diversifolia* A. Gray para la producción animal sostenible. *LRRD*. 30 (12). <http://www.lrrd.org/lrrd30/12/rive30200.html>, 2018.
- Rivera, J. E.; Cuartas, C. A.; Naranjo, J. F.; Tafur, O.; Hurtado, E. A.; Arenas, F. A. *et al.* Efecto de la oferta y el consumo de *Tithonia diversifolia* en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), en la calidad y productividad de leche bovina en el piedemonte Amazónico colombiano. *LRRD*. 27 (10). <http://lrrd.cipav.org.co/lrrd27/10/rive27189.html>, 2015.
- Roa-Vega, María L.; Ladino-Romero, E. A. & Hernández-Martínez, María C. Indicadores de bioquímica sanguínea en bovinos suplementados con *Cratylia argentea* y *Saccharomyces cerevisiae*. *Pastos y Forrajes*. 40 (2):144-151. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942017000200008&lng=es&tlng=es, 2017.
- Rodríguez, A. A.; Crespo, Maritere & Randel, P. F. Effect of the physical form of the tropical legumes *Cratylia argentea* (Desv.) Kuntze, *Calliandra calothyrsus* Meisn., and *Leucaena leucocephala* (Lam. de Wit) on selective consumption by lambs. *J. Agr. U. Puerto Rico*. 99 (2):167-178, 2015. DOI: <https://doi.org/10.46429/jaupr.v99i2.3033>.
- Rodríguez, Idalmis; Padilla, C. & Ojeda, Medelaine. Características de la germinación de la semilla gámica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray y su comportamiento en condiciones de vivero. *LRRD*. 31 (5). <http://www.lrrd.org/lrrd31/5/rodr315.html>, 2019.
- Rodríguez, R.; Ontivero, Yadiana; García, Y.; Sosa, D. & Gómez, S. Empleo del tubérculo de boniato (*Ipomoea batatas* L.) y la cepa *Lactobacillus pentosus* LB-31 como aditivos a ensilajes mixtos para rumiantes. *LRRD*. 32 (2). <http://www.lrrd.org/lrrd32/7/rodri32117.html>, 2020.
- Rossner, M. B.; Ziegler, A.; González, P. A.; Loto, M.; Kimmich, G.; Corró, F. *et al.* Propagación vegetativa de procedencias de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en el noreste de Argentina. J. Rivera, P. Peri, J. Chará, M. Díaz, L. Colcombet, E. Murgueitio, eds. *X Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles: por una producción sostenible*. Cali, Colombia: CIPAV. p. 214-224, 2019.
- Sánchez-Salcedo, Eva M.; Amorós, Asunción; Hernández, Francisca & Martínez, J. J. Phytochemical properties of white (*Morus alba*) and black (*Morus nigra*) mulberry leaves, a new food supplement. *J. Food Nutr. Res.* 5 (4):253-261, 2017. DOI: <https://doi.org/10.12691/jfnr-5-4-7>.
- Santos-Gally, R.; Muñoz, M. & Franco, G. Efecto de la latencia sobre la germinación de *Tithonia diversifolia* diversifolia (Asteraceae). J. Rivera, P. Peri, J. Chará, M. Díaz, L. Colcombet, E. Murgueitio, eds. *X Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles: por una producción sostenible*. Cali, Colombia: CIPAV. p. 416-424, 2019.
- Savón-Valdés, Lourdes L.; Gutiérrez-Borroto, Odilia & Febles-Pérez, G., Eds. *Mulberry, moringa and tithonia in animal feed, and other uses. Results in Latin America and the Caribbean*. San José de las Lajas, Cuba: FAO, EDICA, 2017.
- Schultze-Kraft, R.; Rao, I. M.; Peters, M.; Clements, R. J.; Bai, C. & Liu, G. Tropical forage legumes for environmental benefits: An overview. *Trop. Grassl.* 6 (1):1-14, 2018. DOI: [https://doi.org/10.17138/TGFT\(6\)1-14](https://doi.org/10.17138/TGFT(6)1-14).

- Silva, M. E. da; Araújo, J. V. de; Silveira, W. F. da; Carvalho, Lorendane M. de & Ribeiro, R. R. Effectiveness of *Cratylia argentea* as an animal feed supplement in the control of gastrointestinal nematodes in sheep. *Semina: Ciênc. Agrár.* 39 (2):657-665, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n2p657>.
- Sosa-Rodríguez, A. A.; Ledea-Rodríguez, J. L.; Estrada-Prado, W. & Molinet-Salas, D. Efecto de la distancia de siembra en variables morfoagronómicas de moringa (*Moringa oleifera*). *Agron. Mesoam.* 28 (1):207-211, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21430>.
- Tesfay, G.; Tamir, B. & Berhane, G. Feeding value potential of mulberry (*Morus alba*) leaf meal to replace concentrate mix. *Middle-East J. Sci. Res.* 25 (8):1630-1637, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2017.1630.1637a>.
- Tesfay, G.; Tamir, B. & G., Berhane. Carcass and non-carcass characteristics of Tigray highland lambs fed mulberry (*Morus alba*) leaf meal at different supplementation levels. *JSIR.* 6 (3):104-109. http://www.jsirjournal.com/Vol6_Issue3_04.pdf, 2017b.
- Van Soest, P. J.; Robertson, J. B. & Lewis, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74 (10):3583-3597, 1991. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).
- Yang, S.; Ma, C.; Xie, P.; Zhu, H.; Shao, J.; Li, Q. *et al.* Breeding, cultivation and pest management on *Moringa oleifera*. In: J. Sheng, ed. *Modern Moringa oleifera Lam. biology*. Beijing: Yunnan Publishing Group Corporation. p. 73-128, 2015.
- Zeng, P.; Huang, F.; Guo, Z.; Xiao, X. & Peng, C. Physiological responses of *Morus alba* L. in heavy metal(loid)-contaminated soil and its associated improvement of the microbial diversity. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 27:4294-4308, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07124-4>.