



DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i66.872>

Artículo de revisión

Sistema silvopastoril de cosecha y acarreo como alternativa para la producción ovina sostenible en el trópico húmedo

Harvest and haulage silvopastoral system as an option for sustainable sheep production in the humid tropic

Erika Belem Castillo Linares^{1*}, María Aurelia López Herrera², Alejandra Vélez Izquierdo³ y Jorge Oliva Hernández¹

Abstract

In the humid tropical region of Mexico, small-scale sheep production flocks are abundant, in which it is feasible to increase the incorporation of multipurpose trees to give sustainability to the production system. The aim of this review work was to describe the silvopastoral production system in "harvest and foliage haulage" modality in the humid tropic. It includes a comparison of the chemical quality and productive performance of foliage of some tree legume and some creeping-type grasses. Are indicated values on manual harvesting efficiency of foliage and tree⁻¹ foliage yield, and factors that can affect performance. Are identified the secondary metabolites that may be present in tree foliage and their potential benefits or harms to the health and productive status of sheep. In addition, are reviewed some results on the influence of tree foliage consumption at different production stages of sheep. Finally, are mentioned aspects to be studied, results of which will support the sustainability of the silvopastoral production system "harvest and foliage haulage".

Key words: Food, tree, live fence, foliage, sheep, humid tropic.

Resumen

En la región del trópico húmedo de México son abundantes las unidades de producción de ovinos a baja escala, en las que es factible incrementar la incorporación de árboles multipropósito con el fin de dar sostenibilidad al sistema de producción. El objetivo de este trabajo consistió en describir el sistema de producción silvopastoril en la modalidad de "cosecha y acarreo de follaje" en el trópico húmedo. Se hizo una comparación de la calidad química y el rendimiento productivo del follaje de algunas leguminosas arbóreas y gramíneas rastreras. Se indican valores sobre la eficiencia de la cosecha manual de follaje y sobre el rendimiento de follaje árbol⁻¹, así como los factores que afectan el rendimiento. También se destacaron algunos metabolitos secundarios que pueden estar presentes en el follaje de los árboles y sus posibles beneficios o perjuicios en la salud y el estado productivo de los ovinos. Además, se revisaron resultados sobre la influencia del consumo de follaje de árboles en diferentes etapas productivas del ovino. Finalmente, se identifican algunos aspectos que se deben de estudiar y cuyos resultados servirán para dar soporte a la sostenibilidad del sistema de producción silvopastoril en la modalidad de "cosecha y acarreo de follaje".

Palabras clave: Alimento, árbol, cerco vivo, follaje, ovinos, trópico húmedo.

Fecha de recepción/Reception date: 23 de septiembre de 2020

Fecha de aceptación/Acceptance date: 29 de marzo de 2021

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CIR Golfo Centro, Campo Experimental Huimanguillo. México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CIR Sureste, Campo Experimental Mochochá. México.

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Cenid Fisiología. México.

*Autor para correspondencia; correo-e: castillo.erika@inifap.gob.mx

Introducción

En la región del trópico húmedo de México, la cría de rumiantes mediante sistemas de producción (SP) de tipo pastoril contribuye a la seguridad alimentaria, a través de la producción de carne y leche. Estos sistemas utilizan, principalmente, pastos como monocultivo, lo cual favorece el deterioro de los suelos. Por lo tanto, es necesario e importante incorporar árboles al SP con el fin de darle sostenibilidad y lograr mitigar el daño ambiental que ocasiona el SP pastoril (Parra-Cortés *et al.*, 2019).

En el estado de Tabasco se observan algunos SP ganaderos que utilizan árboles como parte del cerco vivo y en menor proporción, también dispersos en los potreros (Grande *et al.*, 2013; Maldonado *et al.*, 2013). En los SP pastoriles con ovinos, los árboles forman parte del cerco y proporcionan sombra a los animales (Oliva *et al.*, 2014, 2019).

Existen especies arbóreas que, además de sombra, aportan follaje como fuente de carbohidratos estructurales y proteína cruda (PC), lo cual mejora la sostenibilidad del SP debido a que los recursos naturales presentes en la unidad de producción pueden representar el soporte principal de insumos alimenticios (Ayala *et al.*, 2006).

La producción de ovinos en el SP pastoril en el trópico húmedo de México tiene como limitante la variabilidad en la cantidad y calidad nutritiva de los pastos (Enríquez *et al.*, 2011). A esto habría de agregarse que el consumo voluntario de los pastos no permite que los animales cubran sus requerimientos de nutrientes para expresar su potencial productivo. Un SP de tipo silvopastoril optimiza el manejo y alimentación de los ovinos. Sin embargo, es necesario que los productores valoren los beneficios potenciales que los árboles suponen para el SP y tengan disposición a invertir capital y mano de obra para su manejo.

El SP silvopastoril propicia la conservación de los suelos y el ambiente. Los árboles ofrecen ventajas directas a los animales en pastoreo, ya que generan áreas de refugio, protección contra la radiación solar directa y la lluvia, además el follaje de algunas leguminosas arbóreas, por ejemplo *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, representa una alternativa para complementar su dieta (Villanueva-Partida *et al.*, 2019).

La cosecha del follaje se lleva a cabo mediante alguna de las siguientes variantes del

SP silvopastoril: cosecha y acarreo del follaje y ramoneo de los árboles (Candelaria-Martínez *et al.*, 2017; Oliva *et al.*, 2019). En cualquiera de las variantes del SP silvopastoril existe limitada información sobre sus indicadores productivos, económicos, ambientales y de sostenibilidad; por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo describir el SP silvopastoril para la producción de ovinos en la modalidad “cosecha y acarreo de follaje” de árboles en el trópico húmedo.

SP silvopastoril para la producción de ovinos

En el área para el pastoreo de rumiantes, la presencia de árboles puede coexistir, lo que da lugar a una gran diversidad de variantes del SP silvopastoril, entre las cuales destacan los árboles como cortina rompe viento, cerco vivo, dispersos en los potreros, bancos de proteína, y formando callejones en las áreas de pastoreo. En algunos casos, el SP tiene como producto primario la producción de madera y fruta, así como la cría de animales como producto secundario mediante la utilización de las áreas de la plantación para el pastoreo (Maldonado *et al.*, 2013). Cuando el producto primario del SP son los ovinos, las variantes del SP silvopastoril con mayor oportunidad para implementarse son la cosecha y acarreo del follaje de árboles y su ramoneo en callejones (Candelaria-Martínez *et al.*, 2017; Oliva *et al.*, 2019; Villanueva-Partida *et al.*, 2019). El tamaño pequeño y bajo peso de los ovinos de razas de pelo, con respecto a un bovino, son ventajas para que se integren a un SP silvopastoril debido a que su pisoteo durante el pastoreo provoca menor compactación del suelo y es más fácil complementar sus requerimientos de materia seca (MS) con el follaje de los árboles (Daniel y Couto, 1999; Hernández-Espinoza *et al.*, 2020a; Hernández-Espinoza *et al.*, 2020b).

El pastoreo requiere de cercos para controlar las áreas utilizadas para ese fin, ante la ausencia del pastor como componente del SP. El cerco puede elaborarse con diferentes materiales, entre los que destacan los individuos arbóreos de especies forrajeras que funcionen como “postes vivos” en combinación con alambres de púas o hilos energizados, que en conjunto constituyen el cerco vivo; el cual representa una mejor opción económica con respecto a los postes de madera muerta y concreto (Torres *et al.*, 2008).

Uso de follaje de árboles como complemento alimenticio

El follaje de algunos árboles en el cerco vivo se utiliza como complemento alimenticio de los ovinos durante las etapas productivas con alta demanda de nutrientes, como son el último tercio de la gestación, la lactancia en ovejas reproductoras y el inicio de la fase posdestete (Oliva *et al.*, 2014). El follaje de árboles forrajeros también sirve como complemento alimenticio de los ovinos en pastoreo, cuando baja la disponibilidad de biomasa en la pradera; la situación anterior ocurre con mayor frecuencia en las épocas de sequía y nortes que se presentan en Tabasco. Durante la sequía por una menor producción de MS ha⁻¹, y una mayor lignificación de los pastos en los nortes; de tal manera que, los ovinos no pueden acceder a los pastos por dos causas: praderas encharcadas o inundadas y por un comportamiento alimenticio propio de los animales que evitan pastorear cuando la lluvia es intensa y continua (Oliva *et al.*, 2013).

La composición química del follaje permite sugerir incluirlo en la dieta de los ovinos, como ingrediente proteico y aportador de carbohidratos estructurales (Ayala *et al.*, 2006; Grande, 2010; Hernández-Espinoza *et al.*, 2020a; Hernández-Espinoza *et al.*, 2020b). Sin embargo, debe tener alta palatabilidad y mínima presencia de sustancias tóxicas para los animales (Rochfort *et al.*, 2008; Pagare *et al.*, 2015).

Tipos de gramíneas y árboles en un SP silvopastoril con ovinos

Las gramíneas que se asocian a un manejo silvopastoril en Tabasco deben someterse a un control de pastoreo, con el fin de ofrecer un pasto con mayor digestibilidad. Sin embargo, existen algunos pastos que no son consumidos con facilidad por los ovinos, tales como *Paspalum fasciculatum* Willd. ex Flüggé, *Paspalum plicatulum* Michx. y *Paspalum virgatum* L.; otros, como *Brachiaria eminii* (Mez) Robyns, dañan el estado de salud de los ovinos y son letales para los corderos jóvenes, por lo que se debe evitar que formen parte del SP (Enríquez *et al.*, 2011). Los árboles propicios para utilizarse en el cerco vivo de un SP silvopastoril son aquellos que producen follaje con características forrajeras; es decir, que los ovinos lo consuman con facilidad en sus diferentes etapas productivas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición química y producción de MS (t) hectárea⁻¹ año⁻¹ de algunas gramíneas y follajes de árboles utilizados en los cercos para el manejo de los ovinos en pastoreo.

| Tipo de especie | Composición química | | | | Rendimiento t MS hectárea ⁻¹ año ⁻¹ | Fuente |
|---|-----------------------------------|-----------|------------|------------|--|---------|
| | EM (Mcal kg MS ⁻¹) | PC (%) | FDN (%) | FDA (%) | | |
| Gramínea rastrera | | | | | | |
| <i>Cynodon plectostachyus</i> Plig. | 1.90 | 8.0 | 81.4 | --.- | 10.8 | 1, 2 |
| Gramínea de corte | | | | | | |
| <i>Cenchrus purpureus</i> (Schumach.) Morrone | 2.1 | 10.2 | 60 | 40.3 | 66.9 | 3, 4 |
| Leguminosa arbórea | | | | | | |
| <i>Erythrina americana</i> Mill. | 1.6 | 17.3 | 52.9 | 37.2 | 16.4 | 1, 5, 6 |
| <i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp. | 2.3 | 19.7 | 44.2 | 30.2 | 19.0 | 1, 6 |
| Arbustiva (no leguminosa) | | | | | | |
| <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. | 2.2 | 10.6 | 55.9 | 38.2 | 25.3 | 1, 6 |
| <i>Morus alba</i> L. | 2.7 | 18.4 | 48.5 | 23.1 | 22.4 | 1, 6, 7 |

Fuente: Elaboración a partir de los datos de 1) Ayala *et al.* (2006); 2) Enríquez *et al.* (2011); 3) Cerdas y Vallejos (2010); 4) Hinojosa *et al.* (2014); 5) Hernández-Espinoza *et al.* (2020b); 6) Meléndez (2003); 7) Pino-Moreno *et al.* (2014).

E M = Energía metabolizable; MS = Materia seca; PC = Proteína cruda; FDN = Fibra detergente neutro; FDA = Fibra detergente ácido

Diferencias en el contenido de nutrientes y rendimiento del follaje de árboles, respecto a las gramíneas

Los follajes de algunos árboles se caracterizan por tener un mayor contenido de PC, menor contenido de carbohidratos estructurales y un rendimiento de MS ha⁻¹ año⁻¹ similar o mayor a la de gramíneas rastreras; aunque, el rendimiento de MS ha⁻¹ año⁻¹ de los pastos de corte supera ampliamente al de las gramíneas rastreras y al de follaje de árboles. Además, el rendimiento de follaje de estos últimos (MS ha⁻¹ año⁻¹) puede ser superior al de algunas gramíneas rastreras, circunstancia que favorece su adopción en los SP pastoriles (Cuadro 1).

Diferencias en el contenido de nutrientes entre follajes de árboles y alimento comercial para ovinos

El alimento comercial para ovinos tiene un contenido de PC variable (12 a 19 %) y similar al del follaje de árboles (Cuadro 1). En lo referente al contenido de EM (Mcal kg de MS), se espera que este sea superior al del follaje de árboles porque se utiliza grano de cereales en su elaboración. Algunas ventajas del alimento comercial son la aceptación de su consumo por el ovino, facilidad de almacenamiento y manejo. Entre sus desventajas que incurren en mayores costos de producción en el rubro de alimentación y la corta vida de anaquel (menor a dos meses). Con respecto al follaje de árboles, los ovinos lo consumen con facilidad tanto verde, como seco y está disponible todo el año. Una vez seco, el follaje se almacena por un período inferior a un mes, cuando hay alta humedad ambiental (Hernández-Espinoza *et al.*, 2020b).

Por otro lado, al alimento comercial se le adicionan otros componentes nutricionales (por ejemplo, cloruro de amonio) e ionóforos (por ejemplo, lasolacid sódica), los cuales no se encuentran en el follaje de los árboles; sin embargo, sus desventajas con relación a este aspecto, se reducen utilizando follajes con alta aceptación por los ovinos (*Morus alba* L., *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., *Erythrina americana* Mill.), con alto valor proteínico y bajo

contenido de fibra detergente neutro (Benavides, 1999; Ku *et al.*, 1999; Hernández-Espinoza *et al.*, 2020a; Hernández-Espinoza *et al.*, 2020b). Lo señalado previamente se optimiza con un control en la edad de rebrote (90 días) a fin de obtener un follaje con más valor proteínico y degradabilidad de la MS, con respecto a un follaje de árboles con una edad de rebrote superior a los 90 días, o sin control en la edad de rebrote (Hernández-Espinoza *et al.*, 2020a; Hernández-Espinoza *et al.*, 2020b).

Una opción adicional consiste en suministrar a los ovinos la diferencia en energía metabolizable entre el alimento comercial y el follaje de árboles, para ello se utiliza algún ingrediente con alto contenido en almidón; por ejemplo, *Musa paradisiaca* L. (Benavides, 1999). Elegir especies arbóreas con alta aceptación por los ovinos, tener control de la edad de rebrote del follaje de árboles y proveer a las ovejas un complemento energético representan alternativas para promover una mayor y mejor utilización de los árboles forrajeros.

Consumo de follaje y eficiencia productiva de los ovinos

El uso y nivel de inclusión del follaje de leguminosas arbóreas en la dieta de los ovinos en un SP silvopastoril está supeditado al número y características físicas de los árboles en el cerco vivo, así como al número y etapas productivas de los ovinos en la unidad de producción. En la etapa de crecimiento se sugiere que la incorporación de *G. sepium* y *Erythrina variegata* L. no debe ser superior a 30 % de la dieta, debido a que en ese nivel no se afectan la digestibilidad de la dieta, ni el consumo voluntario (Ku *et al.*, 1999; Best *et al.*, 2017). Sin embargo, en otros estudios se indica que el follaje de *E. poeppigiana* (Walp.) O. F. Cook se puede utilizar como única fuente de alimento en ovinos en crecimiento y el de *E. americana* en ovejas adultas sin gestar y lactar, con lo que se registra una ganancia de peso positiva; la cual se incrementa, si se adicionan a la dieta ingredientes energéticos con disponibilidad regional, como *M. paradisiaca* y *Dioscorea* spp., e ingredientes energéticos de uso convencional en la industria que elabora alimentos para animales de granja; por ejemplo, grano de *Sorghum bicolor* (L.) Moench (Benavides, 1999; Hernández-Espinoza *et al.*, 2020b).

En los corderos en crecimiento alimentados con *E. poeppigiana*, la complementación energética con *M. paradisiaca* (1.1 % del peso vivo) permitió incrementar la ganancia diaria de peso en 51 %, con respecto al grupo control: 112 g vs 74 g, respectivamente. No obstante, se requiere realizar estudios económicos para conocer la relación costo beneficio de la complementación con *M. paradisiaca* (Benavides, 1999). En contraste, Grande (2010) refiere un cambio de peso negativo en ovinos en crecimiento, cuando se alimentan de pasto, *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone, y follaje de *Erythrina* spp. Es probable que, tanto la gramínea como la leguminosa arbórea que se utilizaron en el estudio, tuvieran una alta variación en calidad nutricional y edad de rebrote, lo que repercutió negativamente en la respuesta productiva de los animales.

La lactancia es la etapa en la que el ovino tiene el mayor consumo de MS dia^{-1} . Se han realizado investigaciones con follaje de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit y *G. sepium* como complemento alimenticio (Yzaguirre y Combellas, 2002; Pérez *et al.*, 2017), y se concluyó que ambos follajes pueden utilizarse como parte de la dieta, debido a que no se afecta la eficiencia productiva de la oveja y su camada con respecto a una dieta control. *L. leucocephala* se incluyó hasta en 35 % de la dieta; mientras que *G. sepium* se suministró en dos formas: seca y molida *ad libitum* más heno de *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst; y en verde (3 kg $\text{animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$) más heno de *C. nlemfuensis*.

En trabajos realizados en Yucatán, México con carneros reproductores que fueron complementados en su dieta con *Hibiscus rosa-sinensis* L., *Moringa oleifera* Lam. y *Trichanthera gigantea* (Bonpl.) Nees no se afectó la calidad seminal, medida a través de la concentración, volumen, integridad del acrosoma y actividad mitocondrial de los espermatozoides. Sin embargo, el tipo de motilidad y viabilidad de las membranas de los espermatozoides resultaron influidos por el tipo de follaje utilizado (Maza *et al.*, 2015; Ramírez-Bautista *et al.*, 2020).

Se requieren investigaciones adicionales en la región tropical húmeda de México para conocer la influencia del follaje de leguminosas arbóreas, suministrado de manera continua, sobre la fertilidad en un grupo de ovejas. También son necesarios estudios acerca de las etapas de crecimiento predestete y gestación para establecer el porcentaje de inclusión en la dieta que permita obtener una eficiencia productiva similar o superior a la de una dieta convencional.

Presencia de metabolitos secundarios en los follajes de árboles

Las plantas producen metabolitos secundarios que favorecen su adaptación y supervivencia. Aunque difieren de forma cualitativa y cuantitativa entre plantas, su presencia representa un mecanismo de defensa para protegerse de organismos herbívoros (Pagare *et al.*, 2015). Por ello, resulta importante conocer el tipo y la concentración de metabolitos secundarios en los follajes alternativos con uso potencial en la alimentación de pequeños rumiantes.

Algunos metabolitos secundarios presentes en el follaje de leguminosas arbóreas se presentan en el Cuadro 2. Su tipo y concentración depende de la especie arbórea, edad de rebrote de la planta y condiciones ambientales (Grande, 2010; Pérez, 2019; Hernández-Espinosa *et al.*, 2020a). Por ello, los beneficios o daños potenciales del consumo de follaje con este tipo de metabolitos están limitados por la variación en su calidad y cantidad (Hernández-Espinosa *et al.*, 2020b).



Cuadro 2. Presencia de algunos compuestos secundarios en follaje de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. y *Erythrina* spp.*

| Leguminosa arbórea | Tipo de metabolito secundario | | | | | | Fuente |
|--|-------------------------------|------------|-------------|-----------|---------|-------------------------|--------|
| | Alcaloides | Esteroides | Flavonoides | Saponinas | Taninos | Glucósidos cianogénicos | |
| <i>Erythrina</i> spp.* | + | ND | ND | -- | ++ | -- | 1 |
| <i>Gliricidia sepium</i> | + | ND | ND | ++ | ++ | -- | 1 |
| <i>Gliricidia sepium</i> , edad rebrote 90 días | ++ | ++ | +++ | -- | + | ND | 2 |

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de 1) Grande (2010); 2) Pérez (2019).

*Resultados de tres especies; ND = No determinado; +++ = Presencia alta; ++ = Notable; + = Leve;
 -- = Ausencia.



El consumo de plantas con alta concentración de metabolitos secundarios afecta la palatabilidad del follaje y la población de microorganismos ruminales, además reduce el forrajeo voluntario, la digestibilidad de la MS y la proteína (Rochfort *et al.* 2008). Pero puede ser favorable, como sucede con los taninos condensados, los cuales tienen propiedad nematocida y capacidad de ligarse a las proteínas, con lo que las protege de la degradación ruminal y deja disponibles los aminoácidos en el intestino (Naumann *et al.*, 2017).

Los taninos condensados del follaje de leguminosas arbóreas inciden de manera negativa sobre los microorganismos que habitan en el rumen, particularmente a los metano-génicos, y reduce la producción de CH₄. Este gas se elimina de manera continua a través del eructo del rumiante, por lo que su disminución representa una ventaja, ya que se le considera uno de los gases con efecto invernadero (Piñeiro-Vázquez *et al.*, 2015). Sin embargo, dada la variación en el contenido de taninos condensados en el follaje de leguminosas arbóreas, la que depende de la especie, edad de rebrote y condiciones climáticas (Pérez, 2019; Hernández-Espinosa *et al.*, 2020a), se desconoce el impacto de su consumo sobre la emisión de CH₄ cuando se utiliza en la dieta de ovinos de manera continua y con diferente nivel de inclusión, como pudiera ocurrir en un SP silvopastoril con "cosecha y acarreo de follaje".

SP silvopastoril modalidad "cosecha y acarreo de follaje" como generador de alimento para la producción ovina

La modalidad "cosecha y acarreo de follaje" consiste en implementar el uso de árboles en el cerco vivo del SP, con la finalidad de cosechar el follaje para ofrecerlo a los ovinos (Hernández-Espinoza *et al.*, 2020b). La cosecha manual del follaje de árboles puede realizarse de dos formas: cosecha y acarreo del follaje para ofrecerlo en pesebre, y corte de las ramas con follaje y su ofrecimiento a los ovinos en la pradera. Cabe señalar que la cosecha manual de follaje, presente en esta variante del SP, implica un costo de mano de obra (García y Oliva, 2012). Además, hay que considerar

que la cosecha mecánica es imposible debido a que no existe maquinaria para tal efecto. No obstante, el uso del follaje arbóreo puede dar sostenibilidad al SP ovino.

Un escenario favorable para esta modalidad de SP implica utilizar una alta densidad de árboles por cada 100 m lineales de cerco vivo (1 m de distancia entre árboles), con el fin de disponer de follaje la mayor parte del año y propiciar la sombra para los animales. Sin embargo, para no limitar el crecimiento de los pastos y estimular el de las plantas de sombra alrededor de los árboles (enredaderas, bejucos) es conveniente aplicar podas controladas y escalonadas (Meléndez, 2003; Oliva *et al.*, 2014). También es necesario considerar que en el rendimiento y la eficiencia de cosecha inciden el diámetro del árbol, la altura y la distancia entre los árboles, la época del año, la edad del rebrote y el técnico cosechador (Meléndez, 2003; Ramos-Trejo *et al.*, 2016; Oliva y López, 2017; Oliva *et al.*, 2019).

Se espera que la inversión en el SP silvopastoril “cosecha y acarreo de follaje” dé resultados a largo plazo. Debido a (los) componente (s) perenne (s), se estima que un horizonte de al menos 10 años. Bajo un esquema de poda controlada y escalonada, los árboles de *G. sepium* y *E. americana* producen follaje todo el año. Aunque, debe considerarse su carácter caducifolio, y que cuando no son expuestas a un manejo de poda continua a intervalos controlados través del año, se registra la mayor producción de follaje en las lluvias y la menor durante la sequía (Meléndez, 2003).

La poda controlada de árboles con acarreo de follaje, aunque es una actividad laboriosa, puede implementarse con facilidad en rebaños localizados en la región tropical que tengan menos de 30 ovejas, en los que el productor sea quien realice la actividad, ya que de no ser así, se incrementan los costos en el SP. También, este sistema tiene cabida en rebaños que requieren disponer de un complemento alimenticio producido en la misma finca, con el fin de cubrir parte de los requerimientos de MS y PC de los animales que están en estabulación por períodos cortos; por ejemplo, ovejas recién paridas, animales enfermos y corderos lactantes estabulados (García y Oliva, 2012; Hernández-Espinoza *et al.*, 2020a; Hernández-Espinoza *et al.*, 2020b).

Manejo del componente forestal

En la "cosecha y acarreo de follaje" es posible determinar con precisión la cantidad de follaje que se le proporcionará a cada grupo de animales. Sin embargo, es necesario establecer, previamente, un programa de poda controlada y escalonada, así como suficientes árboles para tener disponible follaje todo el año. Un intervalo entre podas de 90 días permite lograr un equilibrio entre el rendimiento del follaje, su calidad nutritiva y su facilidad de cosecha (Meléndez, 2003; García y Oliva, 2012; Oliva y López, 2017).

Se debe evaluar la conveniencia de establecer pastos tolerantes a la sombra (por ejemplo, *Panicum maximum* CV. Likoni) en aquellas áreas que requieran siembra, si se considera que el tipo de pasto seleccionado debe ser consumido con facilidad y sin dañar la salud de los ovinos (Pentón, 2000).

Gliricida sepium y *E. americana* son ejemplos de leguminosas arbóreas propicias para utilizarse en los cercos como proveedoras de follaje en un SP silvopastoril. En árboles de *E. americana* sin antecedentes de poda (con una edad promedio de siete años), es posible cosechar 7.6 kg de follaje fresco por hora y en *G. sepium* sin antecedentes de poda (con una edad promedio de nueve años) 6.9 kg. Es importante indicar que la eficiencia en la cosecha manual del follaje de *E. americana* se incrementa entre 14 y 36 %, cuando los árboles se podan a intervalos de 90 días. La producción (kg follaje árbol⁻¹), la eficiencia de cosecha (MS kg hora⁻¹), el costo del jornal (MX\$ hora⁻¹) y el contenido de PC en el follaje son elementos que contribuyen para determinar el valor del kilogramo de PC procedente del follaje y su oportunidad para incorporarlo como complemento alimenticio (García y Oliva, 2012; Oliva y López, 2017; Oliva *et al.*, 2019).

El rendimiento de follaje árbol⁻¹ se relaciona con el diámetro del árbol y la época del año. En *E. americana*, con una edad de rebrote de 90 días y un diámetro a la altura del pecho (DAP) de 0.08 m se producen 0.308 kg de MS árbol⁻¹ (Oliva y López, 2017); cantidad de follaje que excede 15 % de los requerimientos de MS de tres ovejas (no gestantes y sin amamantar cría) con 30 kg de peso vivo (PV), lo que supone contar con 90 árboles (sembrados a 1 m de distancia) para complementar de manera continua 15 % de la MS que potencialmente consumen estas ovejas.

La eficiencia en la cosecha manual de *E. americana* en una hora y con árboles sin antecedentes de poda es de 1.7 kg de follaje seco; esta cantidad cubre 15 % de las necesidades de MS de, al menos, 15 ovejas con 30 kg de peso vivo. En el escenario previo, y a partir de una eficiencia de cosecha de follaje de 1.7 kg MS h⁻¹ y 0.308 kg de follaje seco árbol⁻¹, resulta en 5.5 árboles día⁻¹; es decir, se debe, tener 495 árboles para complementar 15 % de la MS que potencialmente consumen 15 ovejas.

Otro aspecto por considerar es que el manejo de follaje durante las prácticas de poda y cosecha implica situaciones de riesgo para el productor, debido a la presencia de insectos en los árboles. Por ejemplo, en *G. sepium* y *E. americana* son frecuentes los panales de la avispa *Polybia occidentalis* Olivier, 1791. En *E. americana*, además se localizan panales de la avispa *Polistes instabilis* Saussure, 1853 y de la abeja nativa *Trigona corvina* Cockerell, 1913; esta última se caracteriza por la ausencia de aguijón, por lo que no representa ningún problema para la integridad del cosechador; pero causa molestia al momento de cosechar las hojas debido a que vuela en grupos alrededor de la cabeza del productor. Además, tanto en *G. sepium* como en *E. americana* habitan orugas con pelos ramificados (*Automeris illustris* Walker, 1855) que logran pasar desapercibidas al mimetizarse con las hojas de los árboles. El contacto accidental de la piel con las vellosidades de la oruga causa prurito y dolor punzante en la piel; por ello, es importante revisar previamente las ramas por cosechar y procurar usar guantes de cuero.

Secuestro de carbono en los SP silvopastoriles

Los SP silvopastoriles contribuyen a mitigar el cambio climático, ya que remueven carbono de la atmósfera a través de los árboles y retenerlo por un tiempo prolongado, principalmente, en la madera. En la modalidad "cosecha y acarreo de follaje" a intervalos de 90 días se tendrían cuatro cosechas de ramas por año; sin embargo, se requiere estudiar su eficiencia para capturar carbono, por ser un servicio ambiental que podría ser remunerado. No obstante, debe ser normado y medido (Andrade e Ibrahim, 2003).

El manejo de los árboles bajo esta modalidad no permite producir madera para leña por la corta edad de las ramas, las que no son convenientes para ese propósito. Sin embargo, es factible dejar sin podar algunos árboles y estimular el desarrollo de ramas para madera y material vegetativo (varetas).

Aspectos por estudiar en la modalidad “cosecha y acarreo”

Al SP silvopastoril se le han atribuido ventajas de tipo productivo, social, económico y ambiental. Sin embargo, los beneficios y su impacto deben medirse con el fin de dar soporte a la sostenibilidad del SP.

En unidades de producción de tipo familiar con un inventario de ovinos reducido, en las cuales es conveniente el uso de la modalidad “cosecha y acarreo de follaje”, se requiere generar indicadores de sostenibilidad en el SP silvopastoril, así como determinar la metodología de medición, la línea base y el estatus en el SP silvopastoril.

Con respecto al suelo, es necesario conocer los cambios en su compactación y composición química a través del tiempo, así como la capacidad para la restauración de las áreas de suelos degradadas, en caso de haberlas. En relación con los árboles, se debe evaluar su vida útil cuando se someten a un programa de poda controlada, y su respuesta a la fertilización orgánica con el estiércol proveniente de la misma unidad de producción. En cuanto a los animales, se requiere precisar la cantidad y calidad de productos cárnicos producidos por hembra reproductora, rebaño y hectárea bajo el SP silvopastoril, además de su contribución a la reducción de la emisión de CH₄. En el aspecto económico, es importante definir el desempeño económico del SP silvopastoril de ovinos, en lo general, y la estructura de costos, en lo particular, así como el costo del establecimiento y mantenimiento o sostenimiento del SP. En la parte ambiental, hace falta determinar el número de árboles por ha⁻¹ y la capacidad de secuestro de carbono. Por último, es necesario conocer el aspecto social, como el grado de convencimiento y percepción que tiene el productor de su SP, con respecto a la reproducción de las condiciones de vida a través del uso de la mano de obra

familiar, el desarrollo de capacidades en el manejo de ovinos en el SP silvopastoril, la contribución de un producto cárnico con una posible calidad diferencial y un SP con menor capacidad contaminante.

Conclusiones

El sistema de producción silvopastoril en la modalidad “cosecha y acarreo de follaje” representa una posible opción para dar sostenibilidad a la producción de ovinos en unidades de producción a baja escala. La cosecha de follaje de leguminosas arbóreas a intervalos de 90 días permite disponer de un complemento alimenticio con mayor valor en PC, con respecto al de una gramínea durante todo el año. No obstante, el costo de la cosecha (aún no precisado) y su manejo para ofrecerlo en pesebre pueden limitar esta modalidad; por lo que es conveniente su adopción en unidades de producción con mano de obra familiar para evitar costos en jornales. La presencia de metabolitos secundarios en el follaje no afecta la eficiencia productiva de los ovinos cuando se ofrece como complemento alimenticio. Sin embargo, es necesario estudiar sus beneficios a largo plazo, cuando se utiliza de forma continua. Aún no hay indicadores de sostenibilidad para la modalidad “cosecha y acarreo de follaje” en unidades de producción a pequeña escala; por ello, se tendrán que generar a fin de incrementar su participación en el entorno productivo, y fundamentar una posible gratificación económica por parte de las autoridades gubernamentales a las unidades de producción que generen beneficios ambientales, medidos a través de una reducción de las emisiones de CH₄ y un aumento en la captura de carbono.

Agradecimientos

Este trabajo es un entregable del proyecto INIFAP con clave SIGI: 1315835078.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

Erika Belem Castillo Linares y Jorge Oliva Hernández: diseño de la estructura y contenido del artículo; María Aurelia López Herrera y Alejandra Vélez Izquierdo: colaboración en el diseño de estructura y contenido del artículo y revisión crítica del escrito.

Referencias

- Andrade, H. J. y M. Ibrahim. 2003. ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles? *Agroforestería en las Américas* 10(39-40): 109-116. <http://hdl.handle.net/11554/6950> (20 de enero de 2020).
- Ayala B., A. J., R. Cetina G., C. Capetillo L., C. Zapata C. y C. Sandoval C. 2006. Composición química-nutricional de árboles forrajeros. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yuc., México. 56 p.
- Benavides, J. 1999. Árboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería. *In: Sánchez, M. D. y M. Rosales M. (eds.). Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. pp. 449-477.*
- Best, D. A., P. E. Lara L., E. Aguilar U., F. E. Cen Ch., J. C. Ku V. and J. R. Sanginés G. 2017. *In vivo* digestibility and nitrogen balance in sheep diets with foliage of fodder trees in substitution for soybean meal. *Agroforest Systems* 91(6): 1079-1085. Doi: 10.1007/s10457-016-9982-3.

Candelaria-Martínez, B., J. A. Rivera-Lorca y C. Flota-Bañuelos. 2017. Disponibilidad de biomasa y hábitos alimenticios de ovinos en un sistema silvopastoril con *Leucaena leucocephala*, *Hibiscus rosa-sinensis* y *Cynodon nlemfuensis*. *Agronomía Costarricense* 41(1): 121-131. Doi:10.15517/rac.v41i1.29759.

Cerdas, R. y E. Vallejos. 2010. Productividad del pasto Camerún (*Pennisetum purpureum*) con varias dosis de nitrógeno y frecuencias de corte en la zona seca de Costa Rica. *InterSedes* 11(22): 180-195.

<https://www.redalyc.org/pdf/666/66620589009.pdf> (20 de enero de 2020).

Daniel, O. y L. Couto. 1999. Una visión general de sistemas silvopastoriles y agrosilvopastoriles con Eucalipto en Brasil. *In*: Sánchez, M. D. y M. Rosales M. (eds.). *Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. pp. 421-438.

Enríquez Q., J. F., F. Meléndez N., E. D. Bolaños A. y V. A. Esqueda E. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro técnico Núm. 28. Medellín de Bravo, Ver., México. 404 p.

García O., I. C. y J. Oliva H. 2012. Observaciones sobre la cosecha de follaje de cocoite para alimentar corderos en pastoreo. *Kuxulkab'* 18(34): 59-64. Doi: 10.19136/kuxulkab.a18n34.244.

Grande C., J. D. 2010. Los árboles forrajeros como recurso potencial para el desarrollo de sistemas silvopastoriles en la región Sierra de Tabasco. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D. F., México. 198 p.

Grande C., D., G. Villanueva L., N. N. Maldonado G. y S. Hernández D. 2013. Las cercas vivas. *In*: Maldonado G., N. M. (coord.). *Los sistemas silvopastoriles en Tabasco. Una opción para desarrollar una ganadería productiva y amigable con la naturaleza*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tab., México. pp. 23-39.

Hernández-Espinoza, D. F., L. C. Lagunes-Espinoza, M. A. López-Herrera, J. A. Ramos-Juárez, R. González-Garduño y J. Oliva-Hernández. 2020a. Edad de rebrote de *Erythrina americana* Miller y concentración de compuestos fenólicos en el follaje. *Madera y Bosques* 26(1): e2611826. Doi: 10.21829/myb.2020.2611826.

Hernández-Espinoza, D. F., J. A. Ramos-Juárez, R. González-Garduño, L. C. Lagunes-Espinoza, M. A. López-Herrera y J. Oliva-Hernández. 2020b. Consumo de follaje de *Erythrina americana* Miller en ovejas Blackbelly x Pelibuey. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 11(1): 70-88. Doi: 10.22319/rmcp.v11i1.5226.

Hinojosa, Y. L. A., N. D. Yépez, C. F. Rodal, O. A. Ríos, B. R. Claros, N. T. Suárez y L. E. Jiménez. 2014. Producción y características agronómicas de cuatro variedades de pasto de corte del género *Pennisetum*, en Trinidad, Bolivia. *Agrociencias Amazonia* 3: 28-35. http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rcaa/n3/n3_a04.pdf (27 de enero de 2020).

Ku V., J. C., L. Ramírez A., G. Jiménez F., J. A. Alayón y L. Ramírez C. 1999. Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano. *In*: Sánchez M. D. y M. Rosales M. (eds.). *Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. pp. 231-250.

Maldonado G., N. M., G. Villanueva L., D. Grande C. y S. Hernández D. 2013. ¿Qué son los sistemas silvopastoriles? *In*: Maldonado G., N. M. (coord.). *Los sistemas silvopastoriles en Tabasco. Una opción para desarrollar una ganadería productiva y amigable con la naturaleza*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tab., México. pp. 23-39.

Maza G., J., L. Navarrete S., A. Aguiar L., R. Zamora B. y H. Magaña S. 2015. Calidad seminal en ovinos Pelibuey con inclusión de *Hibiscus rosa-sinensis* en la dieta. *Nova Scientia* 7(15): 33-48. <http://novascientia.delasalle.edu.mx/ojs/index.php/Nova/article/view/252/226> (3 de febrero de 2020).

Meléndez N., F. 2003. Manejo de forrajes tropicales en Tabasco. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco. Villahermosa, Tab., México. 40 p.

Naumann, H. D., L. O. Tedeschi, W. E. Zeller and N. F. Huntley. 2017. The role of condensed tannins in ruminant animal production: advances, limitations and future directions. *Revista Brasileira de Zootecnia* 46(12): 929-949. Doi: 10.1590/s1806-92902017001200009.

Oliva H., J., M. Barrón A., L. Granados Z. y J. Quiroz V. 2013. Crecimiento de corderos en pastoreo, limitantes y retos. *Kuxulkab'* 19(37): 13-18. Doi: 10.19136/kuxulkab.a19n37.344.

Oliva H., J., I. C. García O. y J. A. Hinojosa C. 2014. Temas selectos sobre el manejo de ovinos en la región tropical húmeda. Una aproximación a los alcances y limitaciones productivas. Editorial Académica Española. Saarbrücken, Alemania. 198 p.

Oliva H., J. y M. A. López H. 2017. Relación entre características físicas del árbol *Erythrina americana* con la producción de follaje para la alimentación de ovinos. *In*: Martínez H., J. (coord.). Memorias de la XXIX Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco 2017. Villahermosa, Tab., México. pp. 58-63.

Oliva H., J., M. A. López H., E. Velázquez J., G. López E. e I. I. Vélez P. 2019. Eficiencia en la cosecha manual de follaje de moté (*Erythrina americana* Miller). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 11: 53-67. Doi: 10.29298/rmcf.v10i51.201.

Pagare S., M. Bhatia, N. Tripathi, S. Pagare and Y. K. Bansal. 2015. Secondary metabolites of plants and their role: Overview. *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy* 9(3): 293-304.

http://abap.co.in/sites/default/files/Secondary%20Metabolites%20of%20Plants_0.pdf
(27 de enero de 2020).

Parra-Cortés, R. I., M. A. Magaña-Magaña y A. T. Piñeiro-Vázquez. 2019. Intensificación sostenible de la ganadería bovina tropical basada en recursos locales: alternativa de mitigación ambiental para América Latina. *Revisión Bibliográfica. ITEA-Información Técnica Económica Agraria* 115(4): 342-359. Doi: 10.12706/itea.2019.003.

Pentón, G. 2000. Tolerancia del *Panicum Maximum* CV. Likoni a la sombra en condiciones controladas. *Pastos y Forrajes* 23(1): 1-5.

<https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=960> (20 de enero de 2020).

Pérez C., K., N. Fonseca F., J. Vázquez A., N. Rojas G., A. Botello L., N. G. Zambrano C., F. H. Jines F., J. L. Ramírez R. y E. Chacón M. 2017. Respuesta productiva de la oveja Pelibuey en el período de lactancia alimentada con *Leucaena leucocephala*. *Revista Electrónica de Veterinaria* 18(6): 1-8.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63651420003> (3 de febrero de 2020).

Pérez P., C. 2019. Efecto de los polifenoles totales y taninos condensados de *Gliricidia sepium* sobre nematodos gastrointestinales. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Cárdenas, Tab., México. 40 p.

Pino-Moreno, J. M., J. Ramos-Elorduy, A. Rodríguez-Ortega, S. C. Ángeles-Campos y A. García-Pérez 2014. Valor nutritivo de la morera *Morus alba* L. (Moraceae) alimento del gusano de seda (*Bombyx mori* L.) (Lepidóptera: Bombycidae) y su importancia en la sericultura. *Entomología Mexicana* 1: 1022-1027.

<http://www.socmexent.org/entomologia/revista/2014/FBTM/186.pdf> (27 de enero de 2020).

Piñeiro-Vázquez, A. T., J. R. Canul-Solís, J. A. Alayón-Gamboa, A. J. Chay-Canul, A. J. Ayala-Burgos, C. F. Aguilar-Pérez, F. J. Solorio-Sánchez and J. C. Ku-Vera 2015. Potential of condensed tannins for the reduction of emissions of enteric methane and their effect on ruminant productivity. *Archivos de Medicina Veterinaria* 47(3): 263-272. Doi: 10.4067/S0301-732X2015000300002.

Ramírez-Bautista, M. A., J. P. Ramón-Ugalde, E. Aguilar-Urquizo, W. Cetzal-Ix, R. Sanginés-García, A. E. Domínguez-Revolledo y A. T. Piñeiro-Vázquez. 2020. Calidad seminal de ovinos de pelo suplementados con *Moringa oleifera* (Moringaceae) y *Trichanthera gigantea* (Acanthaceae). Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 11(2): 393-407. Doi: 10.22319/rmcp.v11i2.5010.

Ramos T., O., J. R. Canul S. and J. C. Ku V. 2016. Forage yield of *Gliricidia sepium* as affected by harvest height and frequency in Yucatan, Mexico. Revista Bio Ciencias 4(2): 116-123. Doi: 10.15741/revbio.04.02.04.

Rochfort, S., A. J. Parker and F. R. Dunshea. 2008. Plant bioactives for ruminant health and productivity. Phytochemistry 69: 299–322. Doi: 10.1016/j.phytochem.2007.08.017.

Torres R., J. A., R. Castro F. y D. Grande C. 2008. Cercas de uso pecuario en la cuenca del río La Antigua, México: Inventario florístico y costo de construcción. Zootecnia Tropical 26(3): 279-283. <http://ve.scielo.org/pdf/zt/v26n3/art26.pdf> (20 de enero de 2020).

Villanueva-Partida, C. R., V. F. Díaz-Echeverría, A. J. Chay-Canul, L. Ramírez-Áviles, F. Casanova-Lugo e I. Oros-Ortega. 2019. Comportamiento productivo e ingestivo de ovinos en crecimiento en sistemas silvopastoriles y de engorda en confinamiento. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 10(4): 870-884. Doi: 10.22319/rmcp.v10i4.4724.

Yzaguirre, L. y J. Combellas, J. 2002. Suplementación de ovejas lactantes con *Gliricidia* (*Gliricidia sepium*). Revista Científica 12(Suplemento 2): 545-547. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/14924/14901> (3 de febrero de 2020).



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.