Ensayo de Investigación

Efecto de la altura de poda y frecuencia de corte sobre el rendimiento y calidad de forraje en dos sistemas silvopastoriles

Effect of pruning height and cutting frequency on yield and forage quality in two silvopastoral systems

Paulino Sánchez Santillán[1], Paloma Santa María López Valencia[2], Bremmen Adair Sánchez Alcázar[2], Irma Antonio Méndez[2], Pedro Cisneros Saguilán[2]*

[1]Universidad Autónoma de Guerrero
[2]TecNM - Instituto Tecnológico de Pinotepa

Autor de correspondencia:
*pedro.cs@pinotepa.tecnm.mx

Recibido: 05-12-2022 Aceptado: 09-02-2024 (Artículo Arbitrado)

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de tres alturas de poda (AP= 30, 50 y 70 cm) y dos frecuencias de corte (FC= 30 y 45 d), sobre el rendimiento y calidad nutritiva del forraje en dos sistemas silvopastoriles (SSP) de guaje (*Leucaena leucocephala*) asociado con los pastos Convert y Mulato (*Urochloa* hibrido). En el experimento se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial y los datos se analizaron con análisis de varianza y comparación de medias. Se encontró que independientemente del tipo de SSP, la FC y AP tuvieron efecto sobre la altura de rebrote, tasa media de crecimiento y tasa media de rendimiento de *L. leucocephala*. El SSP y FC tuvieron efecto sobre el contenido de proteína cruda, mientras que la FC y AP afectaron el contenido de fibra. En los pastos, el SSP y AP influyeron sobre la tasa media de rendimiento y rendimiento total; así también el contenido de proteína fue afectado por el SSP. La asociación *L. leucocephala* y el pasto Convert tuvo mayor rendimiento de biomasa forrajera de esta leguminosa y mejor calidad nutritiva del pasto.

Palabras clave: Calidad nutritiva, pastos tropicales, sistema silvopastoril, *Urochloa*.

Abstract

The objective of the study was to evaluate the effect of three pruning heights (PH = 30, 50 and 70 cm) and two cutting frequencies (CF = 30 and 45 d), on the yield and nutritional quality of forage in two silvopastoral systems (SPS) of guaje (*Leucaena leucocephala*) associated with Convert and Mulato grasses (*Urochloa* hybrido). The experiment used a randomized complete block design with a factorial arrangement and the data were analyzed with analysis of variance and comparison of means. It was found that regardless of SPS type, PH and CF had an effect on regrowth height, average growth rate and average yield rate of *L. leucocephala*. SPS and CF had an effect on crude protein content, while CF and PH affected fiber content. In grasses, SPS and PH influenced the average yield rate and total yield; thus, the protein content was also affected by the SSP. The association *L. leucocephala* and Convert grass had higher forage biomass yield of this legume and better nutritional quality of the grass.

Keywords: Nutritional quality, tropical grasses, silvopastoral system, *Urochloa*.

Introducción

Las regiones del trópico húmedo y subhúmedo de México han sido áreas de preferencia para la expansión ganadera basada en sistemas de pastoreo extensivos, siendo este el modelo de producción de bovinos predominante en la actualidad (González et al., 2007; González-Padilla et al., 2019). Sin embargo, el incremento de la producción ganadera de forma extensiva ha dado lugar a la degradación de tierras de pastoreo, pérdida de cobertura boscosa, vulnerabilidad climática, así como la disminución del rendimiento y calidad de forrajes. Por lo tanto, la disponibilidad y acceso a recursos forrajeros de calidad representa un reto importante en la alimentación y productividad del ganado (Casanova-Lugo et al., 2022).

Ante esta situación, el establecimiento de sistemas silvopastoriles (SSPs) es una alternativa interesante para incrementar la productividad del ganado, mejorar la fertilidad del suelo y la calidad del forraje

(Alvarado-Canché et al., 2022). Los SSPs son sistemas de producción pecuaria en donde las leñosas perennes, que pueden ser árboles y/o arbustos, interactúan con los componentes tradicionales, como forrajeras herbáceas y animales, bajo un sistema de manejo integral (Mahecha, 2003).

La asociación de gramíneas y árboles forrajeros bajo SSPs representa una posibilidad para incrementar la cantidad de forraje disponible durante el año y enriquecer su calidad nutritiva, mejorando así la dieta de los animales en pastoreo. Por lo tanto, es importante evaluar posibles asociaciones de especies arbóreas y gramíneas, para asegurar que la combinación y las prácticas de manejo realizadas, promuevan altos rendimientos y mejoren la calidad del forraje disponible (Hernández et al., 2020).

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit es una leguminosa leñosa nativa de América tropical, y es ampliamente utilizada como forraje en la ganadería bovina tropical debido a su buena adaptación y productividad en este ambiente (Martínez-Hernández et al., 2019). Esta planta ha demostrado ser una opción importante para mejorar la ganadería debido a su alto rendimiento y calidad de forraje, lo cual permite incrementar la producción de carne y leche (Bacab et al., 2013). En su revisión, Martínez-Hernández et al. (2019) reportaron que al incorporar *L. leucocephala* en un sistema silvopastoril en arreglo de pastura en callejones, la oferta de forraje puede incrementarse hasta en 8.7 t de MS ha^{-1} $año^{-1}$, adicionalmente el forraje puede tener de 22 a 25 % y de 55 a 61 %, de proteína cruda y digestibilidad *in vitro* de la materia seca, respectivamente. Asimismo, la incorporación planificada de esta leguminosa en áreas de pastoreo ha demostrado mantener niveles de 9.1 a 9.8 kg de leche $vaca^{-1}$ $día^{-1}$ y de 693 a 851 g de ganancia de peso $animal^{-1}$ $día^{-1}$.

Por otra parte, *L. leucocephala* tiene la capacidad de asociarse con bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico, así como alta adaptación a una gran diversidad de condiciones agroecológicas y es tolerante a la sequía. Dichas cualidades han contribuido para que sea ampliamente aprovechada en los SSPs bajo diversas modalidades y combinaciones, entre las que destaca su asociación con pastos tropicales (Bacab et al., 2012). Los pastos son una fuente de componentes esenciales, accesibles y económicos en la producción ganadera tropical; sin embargo, para obtener el mejor beneficio de éstos, es necesario que sean de buena calidad nutritiva. El valor nutritivo de los pastos depende de la edad de las especies y el contenido de nitrógeno, que proporciona una mayor producción de materia seca y mejora el contenido proteico (Apollon et al., 2022).

De acuerdo con Bacab et al. (2012), para que *L. leucocephala* presente rendimientos óptimos es importante llevar a cabo algunas prácticas de manejo; tales como la poda de las plantas destinadas para la alimentación del ganado, ya que, si no se realiza en tiempo y forma, las plantas pueden crecer demasiado, lejos del alcance de los animales. Además, es una práctica importante para controlar el nivel de sombreado sobre el estrato herbáceo, ya que ésta puede actuar de forma directa en determinados procesos fisiológicos. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tres alturas de poda (30, 50 y 70 cm) y dos frecuencias de corte (30 y 45 d) sobre el rendimiento y calidad nutritiva del forraje en dos sistemas silvopastoriles de *L. leucocephala* asociada con dos pastos tropicales del género *Urochloa* hibrido cv Convert y Mulato.

Materiales y Métodos

Localización y descripción del área experimental

El experimento se realizó en el rancho "El Bulito", ubicado en la localidad Cerro de la Esperanza del municipio Santiago Pinotepa Nacional, Oaxaca (16° 12´ 15.24˝ N, y 97° 59´ 49.28˝ O), a 20 msnm. El clima de la zona es cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw_1); presenta una precipitación promedio anual de 1237.5 mm y temperatura promedio anual de 26.2 °C (INEGI, 2016). El tipo de suelo predominante en el municipio es Cambisol, que se dividen en Eútricos y Dístricos; presentan un pH que varía entre 5.3 a 6.5, con un contenido de materia orgánica superior al 3 %, y una profundidad que puede alcanzar los 60 cm (SEDESOL, 2012). Las condiciones climáticas del área experimental durante el período de evaluación (julio a diciembre de 2018) se presentan en la Figura 1.

Manejo de parcelas experimentales

Se utilizaron 24 unidades experimentales, con una superficie de 10 × 10 m de *L. leucocephala* en asociación con dos pastos tropicales (Urochloa hibrido cv Convert y Mulato), las cuales estaban sembradas en hileras en dirección de la unidad evaluada, con un espacio de 2.0 m (callejón con pasto) y 1.0 m entre inte-

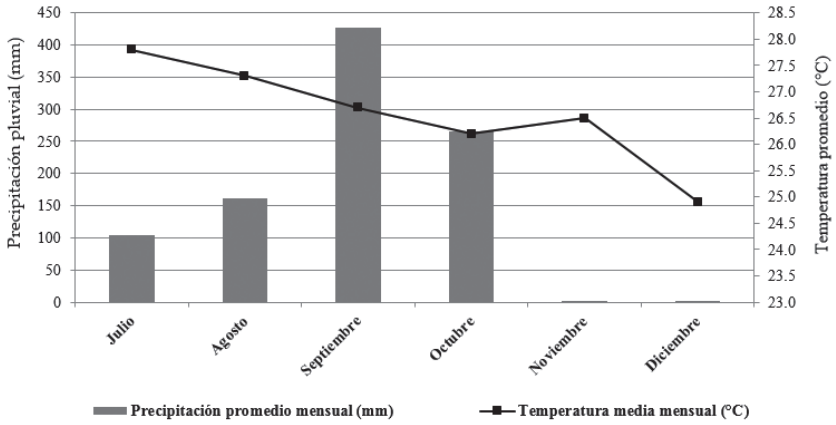

Figura 1. Precipitación (mm mensuales) y temperatura (media mensual) del área de estudio, durante el periodo julio – diciembre de 2018.
Fuente: Estación meteorológica No. 44699 Río Verde, Santiago Jamiltepec, Oaxaca.

racciones. La siembra de los pastos se realizó a través del método al voleo, después de podar las plantas de *L. leucocephala*, con el fin de evitar que obstruyera su crecimiento. También se realizó deshierbe manual y químico de la parcela usando el herbicida Prado®. Sin embargo, las lluvias que se presentaron durante esa etapa del experimento arrastraron la semilla del pasto a la orilla de los surcos, lo que ocasionó que no creciera uniformemente, por lo que se realizó una resiembra de los pastos de forma manual.

Diseño y manejo experimental

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, en un arreglo factorial 2 × 2 × 3, donde los principales factores fueron el tipo de sistema silvopastoril (SSP), que consistió en la combinación de *L. leucocephala* con dos pastos asociados (*U.* híbrido cv Convert y Mulato), la altura de poda (AP; 30, 50 y 70 cm sobre el nivel del suelo) y la frecuencia de corte (FC; 30 y 45 días). Las podas de *L. leucocephala* se realizaron de forma manual; posteriormente, se sellaron los cortes efectuados a la planta para evitar el ataque de plagas y enfermedades. En el caso de los pastos, después de la resiembra se obtuvo mayor cobertura por lo que se podaron a una altura de 15 cm sobre el nivel del suelo. En la Figura 2 se muestra el arreglo del sistema silvopastoril implementado en la unidad experimental que tuvo una superficie total de 1.5 ha.

Rendimiento de forraje

La altura del rebrote se determinó al ras del suelo hasta el último ápice terminal usando un flexómetro. El rendimiento, tanto de *L. leucocephala* como de los pastos establecidos, se estimó mediante la cosecha del forraje en cada transecto, siguiendo la metodología de Bacab et al. (2012). La recolección de muestras de forraje (comestible y no comestible) se llevó a cabo de forma aleatoria a los 30 y 45 días después de la poda, utilizando un transecto de 1.5 × 5.0 m, considerando tres plantas por cada uno. En cuanto a los pastos las muestras se tomaron después del rebrote de la poda que fue a los 25 días, utilizando un transecto de 1.0 × 1.0 m. Las muestras colectadas se colocaron en bolsas de papel y se trasladaron al laboratorio para la medición de variables y análisis posteriores.

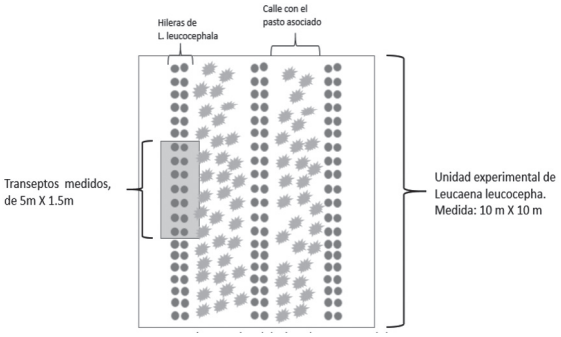

Figura 2. Representación esquemática de las áreas de muestreo y unidades experimentales en los sistemas silvopastoriles evaluados.
Fuente: Elaboración propia.

El peso fresco se determinó a partir de la separación de las muestras en fracción fina (comestible) y gruesa (no comestible). La fracción fina incluyó hojas y tallos con un diámetro < 5 mm, mientras que la fracción gruesa contenía tallos con un diámetro > 5 mm. Se tomaron sub-muestras para determinar el rendimiento (t MS/ha) y los componentes forrajeros, incluyendo materia seca (MS). El peso de las muestras se determinó usando una balanza digital (Mod. SF-400). Posteriormente, las muestras frescas de *L. leucocephala* y los pastos se colocaron en una estufa de aire forzado (Serie HCF-41, RIOSSA®, México) a

180 °C durante 24 h. Después del periodo de secado, las muestras se pesaron usando una balanza analítica (Adventurer analítica, Oahus®), y se molieron usando un molino de criba de 1.0 mm (Thomas Scientific, Model 4, Wiley®, EE. UU.). Las muestras molidas se guardaron en bolsas Ziplot®, debidamente etiquetadas y se almacenaron para los análisis químicos posteriores.

Análisis químico

El contenido de cenizas (CE) se determinó usando una mufa (Lindberg/Blue, Thermo Scientific®) a 600 °C. El contenido de proteína cruda (PC) se obtuvo por el método de Kjeldahl (AOAC 2016). La fibra detergente neutro (FDN) y ácido (FDA) se obtuvieron con la técnica de la bolsa de filtro (ANKOM^{2000}; Ankom Technology®, NY, EE. UU.) y un analizador de fibras (NOVATECH® FC-6) por el método de Van Soest et al. (1991). Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2 de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro).

Análisis estadísticos

Los datos se capturaron en hojas de cálculo Microsoft Excel®, Versión 2013. Se realizó una prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos. Los resultados de las variables de rendimiento y calidad del forraje de *L. leucocephala* y los pastos establecidos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) de tres vías, que incluyó el tipo de sistema silvopastoril (*L. leucocephala* + *U.* hibrido cv Mulato vs *L. leucocephala* + *U.* hibrido cv Convert), la altura de poda (30, 50 y 70 cm) y la frecuencia de corte (30 y 45 días) como efectos fijos. Los análisis se realizaron con el procedimiento del modelo lineal general (GLM) del paquete estadístico SAS Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC). Las diferencias significativas entre las medias se evaluaron con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Resultados y discusión

Bajo las condiciones agroclimáticas del presente estudio, se observó que la FC y la AP tuvieron un efecto significativo ($P \leq 0.001$) sobre la altura de rebrote de *L. leucocephala* (ver la Tabla 1). Asimismo, las in-

Tabla 1. Efecto de la frecuencia de corte y la altura de poda sobre el crecimiento y rendimiento de *L. leucocephala* bajo dos sistemas silvopastoriles.

Sistema Silvopastoril	Frecuencia de corte (d)	Altura de poda (cm)	Altura de rebrote (cm)	TMC	TMR	Rend. (Kg MS ha^{-1})
Convert	30	30	86.11b^{ac}	2.87^{ba}	590.40^{a}	17 712.00^{a}
		50	80.50^{bc}	2.68^{ba}	324.00^{a}	16 200.00^{a}
		70	64.33^{c}	2.14^{ba}	252.00^{a}	17 640.00^{a}
	45	30	130.66^{a}	2.90^{ba}	816.00^{a}	24 480.00^{a}
		50	109.66b^{ac}	2.43^{ba}	332.64^{a}	16 632.00^{a}
		70	91.33^{bac}	2.02^{ba}	221.14^{a}	15 480.00^{a}
Mulato	30	30	85.89^{bac}	2.86^{ba}	487.20^{a}	14 616.00^{a}
		50	94.44^{bac}	3.15^{a}	266.40^{a}	13 320.00^{a}
		70	65.22^{c}	2.17^{ba}	199.54^{a}	13 968.00^{a}
	45	30	124.00^{ba}	2.75^{ba}	609.60^{a}	18 288.00^{a}
		50	69.16^{c}	1.53^{b}	493.92^{a}	24 696.00^{a}
		70	84.66^{bac}	1.88^{ba}	292.11^{a}	20 448.00^{a}
RMSE			15.81	0.46	216.73	9 257.39
Efectos						
SSP			0.2269	0.4498	0.6693	0.8807
FC			0.0003	0.0179	0.1492	0.1642
AP			0.0004	0.0014	0.0007	0.8825
SSP × FC			0.0406	0.0810	0.5863	0.3820
SSP × AP			0.6683	0.8991	0.4785	0.6181
FC × AP			0.0195	0.0600	0.7205	0.8708
SSP × FC × AP			0.1270	0.2046	0.6510	0.6150

TMC= tasa media de crecimiento/día; TMR= tasa media de rendimiento (Kg MS ha^{-1}/día); SSP= sistema silvopastoril; FC= frecuencia de corte; AP= altura de poda. RMSE= error cuadrático medio. abcd Medias dentro de la misma columna sin una letra en superíndice común difieren significativamente ($P \leq 0.05$).

teracciones SSP × FC y FC × AP afectaron significativamente ($P \leq 0.05$) esta variable. La altura de rebrote más alta (130.66 cm) se obtuvo en el SSP establecido con *L. leucocephala* + *U*. híbrido cv Convert, con una frecuencia de corte de 45 días y poda a 30 cm sobre el nivel del suelo. En su estudio, Bacab et al. (2012) encontraron que las plantas de *L. leucocephala* podadas a una altura de 40 y 60 cm presentaron brotes de mayor talla (1.26 y 1.42 m, respectivamente), en comparación con aquellas plantas podadas a 20 cm, que tuvieron una talla de rebrote de 0.63 m.

Del mismo modo, la FC y AP mostraron un efecto significativo ($P \leq 0.05$) sobre la tasa media de crecimiento de *L. leucocephala*; en tanto, la AP afectó significativamente ($P \leq 0.001$) la tasa media de rendimiento. Por otra parte, no se observó efecto significativo de los factores evaluados sobre el rendimiento de biomasa total, que varió de 13 320.00 a 24 696.00 Kg MS ha^{-1}. No obstante, se observaron rendimientos ligeramente superiores considerando mayor frecuencia de corte y podas a más altura. Similarmente, Muir (1998) determinó un efecto significativo de tres alturas de corte (0.3, 0.6 y 1.0 m) sobre la producción de forraje de *L. leucocephala*, obteniendo mayor producción de forraje con una altura de corte de 1.0 m, que con una altura de corte de 0.3 m (8.71 t ha^{-1} vs 5.471 t ha^{-1}). También, Bacab et al. (2012) reportaron rendimientos de *L. leucocephala* de 0.52, 0.86 y 1.36 t MS ha^{-1} considerando una altura de poda de 20, 40 y 60 cm, respectivamente. Por su parte, Cauich-Cauich et al. (2022) informaron que la aplicación de poda en *L. leucocephala* a los 135 días y 70 cm de altura produjo mayor peso de biomasa fresca que la poda a los 60 días y 50 cm de altura (1.16 kg vs 0.77 kg). De acuerdo con Tipu et al. (2006), la mayor producción de biomasa en *L. leucocephala* con el incremento de la altura de la poda, se debe a que existe mayor volumen de material en la parte alta de la planta, considerando brotes jóvenes y número de ramas.

Los efectos de la frecuencia de corte y la altura de poda sobre la composición química del forraje de *L. leucocephala* bajo dos sistemas silvopastoriles se muestran en la Tabla 2. Los contenidos de MS y CE no se vieron afectados por los factores evaluados, y

Tabla 2. Efecto de la frecuencia de corte y la altura de poda sobre la composición química del forraje de *L. leucocephala* bajo dos sistemas silvopastoriles.

Sistema Silvopastoril	Frecuencia de corte (d)	Altura de poda (cm)	MS (%)	CE (%)	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)
Convert	30	30	93.51^{a}	7.22^{a}	9.26^{bc}	53.31^{bac}	26.19^{d}
		50	89.62^{a}	4.33^{a}	16.40^{bac}	54.83^{bac}	37.49^{bdc}
		70	95.37^{a}	5.85^{a}	14.51^{bac}	44.58^{bc}	22.96^{d}
	45	30	96.54^{a}	6.04^{a}	12.81^{bac}	62.59^{bac}	58.87^{a}
		50	94.66^{a}	4.64^{a}	22.62^{bac}	63.62^{ba}	49.78^{bac}
		70	95.12^{a}	5.32^{a}	6.10^{c}	60.12^{bac}	48.95^{bac}
Mulato	30	30	94.21^{a}	5.00^{a}	31.07^{ba}	48.89^{bac}	34.07^{dc}
		50	94.60^{a}	5.41^{a}	16.37^{bac}	50.40^{bac}	36.55^{bdc}
		70	94.08^{a}	4.50^{a}	33.87^{a}	58.15^{bac}	33.97^{dc}
	45	30	92.88^{a}	3.67^{a}	8.88^{bc}	66.94^{a}	47.54^{bac}
		50	94.48^{a}	4.26^{a}	18.94^{bac}	63.35^{bac}	52.48^{ba}
		70	94.48^{a}	4.53^{a}	11.96^{bac}	44.03^{c}	39.01^{bdc}
RMSE			2.59	2.51	7.73	6.19	5.33
Efectos							
SSP			0.9873	0.2425	0.0177	0.5619	0.9554
FC			0.2033	0.4526	0.0158	0.0004	0.0001
AP			0.4063	0.7297	0.6199	0.0294	0.0045
SSP × FC			0.0996	0.8349	0.0106	0.1895	0.0022
SSP × AP			0.1587	0.4480	0.0786	0.9008	0.8106
FC × AP			0.5251	0.8717	0.0148	0.0420	0.1076
SSP × FC × AP			0.3467	0.8823	0.2358	0.0015	0.0157

MS= materia seca; CE= cenizas; PC= proteína cruda; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente acido; SSP= sistema silvopastoril; FC= frecuencia de corte; AP= altura de poda. RMSE= error cuadrático medio. abcd Medias dentro de la misma columna sin una letra en superíndice común difieren significativamente ($P \leq 0.05$).

variaron de 89.62 a 96.54 % y 3.67 a 7.22 %, respectivamente. Sin embargo, el SSP y la FC tuvieron un efecto significativo ($P < 0.05$) sobre el contenido de PC, que fue más alto (33.87 %) en el sistema silvopastoril con *L. leucocephala* + *U*. híbrido cv Mulato, cosechado a los 30 días, a una altura de poda de 70 cm. Asímismo, las interacciones SSP × FC y FC × AP afectaron significativamente el contenido de PC. En tanto, los contenidos de FDN y FDA fueron afectados significativamente ($P < 0.05$) por la FC y AP. El forraje de *L. leucocephala* en asociación con el pasto Mulato, cosechado a los 45 días a una altura de poda de 30 cm tuvo mayor contenido de FDN (66.94 %). En contraste, el contenido de FDA más alto (58.87 %) se determinó en el sistema silvopastoril con *L. leucocephala* y el pasto Convert, con una frecuencia de corte de 45 días y altura de poda de 30 cm. Las interacciones SSP × FC y SSP × FC × AP tuvieron un efecto significativo ($P < 0.05$) sobre los contenidos de FDN y FDA.

En general, los resultados de la composición química de *L. leucocephala* encontrados en el presente estudio son consistentes con los valores reportados por otros autores para esta leguminosa (Román-Cortés et al., 2014; Martínez et al., 2016; De Angelis et al., 2021). Por otra parte, De los Santos-Mayo et al. (2018) reportaron que el contenido de PC de *L. leucocephala* no varió según dos sistemas silvopastoriles; sin embargo, la frecuencia de poda a los 30 días tuvo un mayor contenido de PC, pero menor contenido de FDN, en comparación con podas a los 50 días. Los autores citados mencionan que estos resultados podrían deberse a que, bajo intervalos cortos de poda, las plantas manifiestan mejor calidad que los forrajes con mayor tiempo de rebrote. En su estudio, Martínez et al. (2016) encontraron que la edad de rebrote tuvo un efecto significativo en la composición química de *L. leucocephala* asociada con pasto estrella, donde los porcentajes de MS y FDN incrementaron con la edad de la planta, mientras que el contenido de PC decreció.

En cuanto a los pastos no se observó efecto significativo ($P > 0.05$) de los factores evaluados sobre la altura de rebrote y la tasa media de crecimiento (ver la Tabla 3). Sin embargo, la tasa media de rendimiento se vio afectada significativamente ($P < 0.05$) por el SSP y la AP, así como, por su interaccion. El valor medio de esta variable fue más alto (140.77 Kg MS ha^{-1}/día) en el sistema silvopastoril con *L. leucocephala* + *U*. hibrido cv Convert y altura de poda de 30 cm. También, el SSP efecto significativamente ($P < 0.05$) el rendimiento de biomasa total, que fue más alto en el mismo sistema silvopastoril (4223.33 Kg MS ha^{-1}). Al respecto, Carrillo-Hernández et al. (2022) evaluaron la producción de los pastos tropicales *U*. híbrido Mulato II y *U. brizantha* Toledo bajo monocultivo y en asociación con *C. brasiliensis* en condiciones de trópico seco, evidenciando que estos pastos presentaron mayor producción de forraje cuando se asociaron con *C. brasiliensis*; siendo de 7.21 y 5.69 MS Mg ha^{-1} para Mulato II y Toledo, respectivamente.

Los efectos de la altura de poda de *L. leucocephala* sobre la composición química del forraje de los pastos evaluados se presentan en la Tabla 4. No se observó efecto significativo ($P > 0.05$) de los factores

Tabla 3. Efecto de la altura de poda de *L. leucocephala* sobre el crecimiento y rendimiento de dos pastos tropicales en dos sistemas silvopastoriles.

Sistema Silvopastoril	Altura de poda (cm)	Altura de rebrote (cm)	TMC	TMR	Rend. (Kg MS ha-1)
Convert	30	41.26[a]	1.65[a]	140.77[a]	4223.33[a]
	50	29.83[a]	1.19[a]	62.53[b]	3126.66[a]
	70	27.76[a]	1.11[a]	41.66[b]	2916.66[a]
Mulato	30	23.30[a]	0.89[a]	63.00[b]	1890.00[a]
	50	33.16[a]	1.27[a]	59.26[b]	2963.33[a]
	70	24.86[a]	0.95[a]	30.66[b]	2146.66[a]
RMSE		10.12	0.39	21.16	1005.77
Efectos					
SSP		0.2444	0.1690	0.0096	0.0404
AP		0.5568	0.5492	0.0006	0.6001
SSP × AP		0.2147	0.2132	0.0190	0.1981

TMC= tasa media de crecimiento/día; TMR= tasa media de rendimiento (Kg MS ha-1/día); SSP= sistema silvopastoril; FC= frecuencia de corte; AP= altura de poda. RMSE: Error cuadrático medio. abcd Medias dentro de la misma columna sin una letra en superíndice común difieren significativamente ($P \leq 0.05$).

evaluados sobre la composición química de los pastos evaluados, excepto para el contenido de PC, el cual se vió afectado por el SSP ($P < 0.05$), con valores medios más altos (10.18 %) en el sistema silvopastorial con *L. leucocephala* + *U*. híbrido cv Convert y altura de poda de 70 cm. Este modelo silvopastoril tuvo valores ligeramente superiores en relación a los contenidos de CE, FDN y FDA, pero bajo contenido de MS. El incremento del contenido de PC en los pastos puede deberse a diferentes mecanismos, uno de ellos es el nitrógeno atmosférico fijado por la leguminosa y absorbido por la gramínea, dando como resultado un aporte al valor nutritivo del pasto, mientras que otro es el contenido de PC de la biomasa de la leguminosa aportada a la asociación (Carrillo-Hernández et al., 2022). Lo anterior sustenta las observaciones de Argüello-Rangel et al. (2020), quienes mencionan que la variación en el contenido de PC encontrado en diferentes recursos forrajeros podría atribuirse a su capacidad de adaptación para aprovechar los nutrientes del suelo y al manejo agronómico. En el estudio de Carrillo-Hernández et al. (2022) se reportaron valores de FDN, FDA y PC más altos en el forraje de *U*. híbrido Mulato II en asociación con *C. brasiliensis*, en comparación con los valores observados cuando esta gramínea fue establecida en monocultivo.

Conclusiones

Bajo las condiciones agroclimáticas en que fue establecido el presente experimento, algunas variables de rendimiento y calidad nutritiva del forraje de *L. leucocephala* y los pastos tropicales evaluados respondieron a las diferentes alturas de poda y frecuencias de corte estudiadas, independientemente del tipo de sistema silvopastoril. La asociación *L. leucocephala* y *U*. híbrido cv Convert produjo mayor altura de rebrote y contenido de FDA en esta leguminosa, en el intervalo de corte de 45 días y altura de poda de 30 cm. Se observó un marcado crecimiento de *L. leucocephala* cuando se asoció con *U*. híbrido cv. Mulato, con una frecuencia de corte de 30 días y poda a los 50 cm; sin embargo, el aumento de la altura de poda permite obtener forraje de mayor contenido proteico. Aunque no se observaron diferencias significativas, el rendimiento de esta leguminosa aumenta a medida que incrementa la frecuencia de corte. Por otra parte, la poda de *L. leucocephala* a los 30 cm indujo mayor biomasa forrajera de *U*. híbrido cv Convert, pero su calidad nutritiva mejora con podas a mayor altura.

Referencias

AOAC. (2016). Official Methods of Analysis of AOAC international, (20th ed.). United States of America. The Association of Official Analytical Chemists International.

Alvarado-Canché, A. R., Canul-Solis, J. R., Castillo-Sánchez, L. E., Campos-Navarrete, M. J., López-Coba, E. H., Luna-Mendicuti, A. A., Ruz-Febles, N. M., Alayón-Gamboa, J. A., Casanova-Lugo, F., Piñeiro-Vázquez, Á. T., y Chay-Canul, A. J. (2022). Producción y calidad forrajera de *Cynodon plectostachyus* bajo sistema silvopastoril con *Leucaena leucocephala*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 25: #007.

Apollon, W., Jean-Baptiste, Y., Wagner, B. J., Luna-Maldonado, A. I., y Silos-Espino, H. (2022). Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica en la producción y calidad de *Brachiaria brizantha*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. *13*(1): 1-13.

Tabla 4. Efecto de la altura de poda de *L. leucocephala* sobre la composición química del forraje de dos pastos tropicales en dos sistemas silvopastoriles.

Sistema Silvopastoril	Altura de poda (cm)	MS (%)	CE (%)	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)
Convert	30	86.61[a]	8.44[a]	9.89[a]	80.64[a]	45.73[a]
	50	86.94[a]	10.77[a]	7.16[a]	69.75[a]	35.69[a]
	70	86.56[a]	8.27[a]	10.18[a]	70.90[a]	38.55[a]
Mulato	30	86.16[a]	8.71[a]	4.32[a]	65.88[a]	36.86[a]
	50	86.99[a]	8.06[a]	7.18[a]	69.64[a]	39.73[a]
	70	86.36[a]	8.01[a]	5.05[a]	72.56[a]	40.86[a]
RMSE		0.98	2.12	3.40	6.42	6.14
Efectos						
SSP		0.6736	0.3862	0.0467	0.1716	0.7777
AP		0.5591	0.5873	0.9605	0.6385	0.6122
SSP × AP		0.9058	0.4578	0.3221	0.0908	0.1852

TMC= tasa media de crecimiento/día; TMR= tasa media de rendimiento (Kg MS ha^{-1}/día); SSP= sistema silvopastoril; FC= frecuencia de corte; AP= altura de poda. RMSE= error cuadrático medio. abcd Medias dentro de la misma columna sin una letra en superíndice común difieren significativamente ($P \leq 0.05$).

Argüello-Rangel, J., Mahecha-Ledesma, L., y Angulo-Arizala, J. (2020). Perfil nutricional y productivo de especies arbustivas en trópico bajo, Antioquia (Colombia). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 21*(3): e1700.

Bacab, H. M., Solorio, F. J., y Solorio, S. B. (2012). Efecto de la altura de poda en *Leucaena leucocephala* y su influencia en el rebrote y rendimiento de *Panicum maximum*. *Avances en Investigación Agropecuaria*. *16*(1): 65-77.

Bacab, H. M., Madera, N. B., Solorio, F. J., Vera, F., y Marrufo, D. F. (2013). Los sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*: una opción para la ganadería tropical. *Avances en Investigación Agropecuaria*. *17*(3): 67-81.

Casanova-Lugo, F., Villanueva-López, G., Alcudia-Aguilar, A., Nahed-Toral, J., Medrano-Pérez, R., Jiménez-Ferrer, G., Alayón-Gamboa, J. A., y Raj Aryal, D. (2022). Effect of tree shade on the yield of *Brachiaria brizantha* grass in tropical livestock production systems in Mexico. *Rangeland Ecology & Management*. *80*: 31-38.

Carrillo-Hernández, S., Galindez, J. G., Morales-Velasco, S., y Vivas-Quila, N. J. (2022). Evaluación agronómica de gramíneas tropicales asociadas con *Canavalia brasiliensis* en trópico seco. *Agrociencia*. *56*(5): 910-935.

Cauich-Cauich, I. I., Uicab-Brito, L. A., Rosales-Martínez, V., Flota-Bañuelos, C., Sánchez-Hernández, M. A., Fraire-Cordero, M. L., y Fraire-Cordero, S. (2022). Pruning height and frequency of *Moringa oleifera* and *Leucaena leucocephala* in a silvopastoral system. *Agroproductividad*. *15*(3): 21-27.

De Angelis, A., Gasco, L., Parisi, G., y Danieli, P. P. (2021). A multipurpose leguminous plant for the Mediterranean countries: *Leucaena leucocephala* as an alternative protein source: A review. *Animals. 11*(8): 2230.

De los Santos-Mayo, S., Casanova-Lugo, F., Díaz-Echeverría, V., Chay-Canul, A. J., González-Valdivia, N., Piñeiro-Vázquez, A., Escobedo-Cabrera, A., y Oros-Ortega, I. (2018). Rendimiento y calidad de forraje de *Leucaena leucocephala* en dos sistemas silvopastoriles y dos frecuencias de poda. In José Herrera Camacho; Alfonso Juventino Chay Canul; Fernando Casanova Luego; Ángel Trinidad Piñeiro Vázquez; Liliana Márquez Benavides; Evelia Santillán Ferreyra; José Arce Menocal (Editores). *Avances de la investigación sobre producción animal y seguridad alimentaria en México*. pp. 579-584.

González, J. C., Ayala, A., y Gutiérrez, E. (2007). Composición química de especies arbóreas con potencial forrajero de la Región de Tierra Caliente, Michoacán, México. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*. 41(1): 87-93.

González-Padilla, E., Lassala, A., Pedemera, M., y Gutiérrez, C. G. (2019). Cow-calf management practices in Mexico: Farm organization and infrastructure. *Veterinaria México OA*. *6*(3).

Hernández, H. M., López, O. S., Jarillo, R. J., Ortega, J. E., Pérez, E. S., Díaz, R. P., y Crosby, G. M. M. (2020). Rendimiento y calidad nutritiva del forraje en un sistema silvopastoril intensivo con *Leucaena leucocephala* y *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. *11*(1): 53-69.

INEGI. (2016). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Anuario estadístico y geográfico del estado de Oaxaca, México. 1751 p.

Mahecha, L. (2003). Importancia de los sistemas silvopastoriles y principales limitantes para su implementación en la ganadería colombiana. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 16*(1): 11-18.

Martínez-Hernández, P. A., Cortés-Díaz, E., Purroy-Vásquez, R., Palma-García, J. M., Del Pozo-Rodríguez, P. P., y Vite-Cristóbal, C. V. (2019). *Leucaena leucocephala* (LAM.) de Wit especie clave para una producción bovina sostenible en el trópico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. *22*: 331-357.

Martínez, M. M., Cruz, A. R., Bueno, A. L., Romero, L. A. M., Bravo, M. H., y Gómez, M. U. (2016). Composición nutricional de *leucaena* asociada con pasto estrella en la Huasteca Potosina de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. *16*: 3343-3355.

Muir, J. (1998). Effect of cutting height and frequency on *Leucaena leucocephala* forage and wood production. *African Journal of Range & Forage Science*. *15*(1-2): 7-10.

Román-Cortés, N., García-Mateos, M. R., Castillo-González, A. M., Sahagún-Castellanos, J., y Jiménez-Arellanes, A. (2014). Componentes nutricionales y antioxidantes de dos especies de Guaje (*Leucaena* spp.): Un recurso ancestral subutilizado. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. *20*(2): 157-170.

SEDESOL. (2012). Secretaría de Desarrollo Social. Atlas de riesgos del municipio del Santiago Pinotepa Nacional, Oaxaca. 152 p.

Tipu, S., Hossain, K., Islam, M., y Hossain, M. (2006). Effect of pruning height on shoot biomass yield of *Leucaena leucocephala*. *Asian Journal of Plant Sciences*. *5*: 1043-1046.

Van Soest, P. J., Robertson, J. B., y Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. *74*(10): 3583-3597.