

Rendimiento de *Cratylia argentea* (*desvaux*) o. *Kuntze* a diferentes estrategias de manejo

Yield of *Cratylia argentea* (*desvaux*) o. *Kuntze* to different management strategies

Darwin Eli Lucas-Lorenzo¹ , Mario Alberto Santiago-Ortega² , Said Cadena-Villegas³ ,
Jesús Miguel Calzada-Marín¹ , Ever del Jesús Flores-Santiago^{1*} 

¹Unidad Regional Universitaria Sursureste-Universidad Autónoma Chapingo, km 7.5 Carretera Teapa – Vicente Guerrero, CP. 86807. San José Puyacatengo, Teapa, Tabasco, México.

²Centro de Desarrollo Tecnológico Tantakin km 4.5 Carretera Tzucacab - Escondido Tzucacab, CP. 97960. Yucatán, México.

³Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina S/N Km. 3, CP. 86500. Periférico Carlos A Molina, Heroica Cárdenas, Tabasco, México.

*Autor de correspondencia: ejfloress@chapingo.mx

Artículo científico

Recibido: 21 de marzo 2024

Aceptado: 03 de julio 2025

RESUMEN. En el trópico mexicano la ganadería es una de las actividades económicas de mayor importancia cuya principal fuente de alimentación son las pasturas nativas; estas presentan diferentes rendimientos en función de su estacionalidad. Por tal motivo, el objetivo del presente proyecto fue estudiar el comportamiento productivo de *Cratylia argentea*, frente a diferentes estrategias de manejo, para determinar las mejores combinaciones durante la época de nortes en Tzucacab, Yucatán, México. Se utilizaron seis tratamientos los cuales fueron determinados por la interacción entre dos alturas (40 y 60 cm) y tres frecuencias de corte (30, 60 y 90 días). Se evaluó el rendimiento de materia seca (MS), longitud brotes (LB), número de brotes basales (BB) y la relación hoja tallo (RHT). La información se sometió a un análisis de varianza utilizando el procedimiento PROC MIXED de SAS 9.4 y la comparación de medias con la prueba de Tukey ($P = 0.05$). Los resultados mostraron que no se encontraron diferencias significativas en el efecto de la altura ($P = 0.065$) y la interacción altura×frecuencia ($P = 0.386$). Sin embargo, la frecuencia de corte (30, 60 y 90 días) permitió una mayor acumulación de biomasa conforme el tiempo entre podas fue mayor ($P < 0.0001$). Los mayores rendimientos de MS se obtuvieron 90 días posteriores a la poda de uniformización para ambas alturas de corte ($P < 0.05$). Se concluye que el rendimiento de MS se obtiene al realizar una frecuencia de corte de 90 días sin que se vea afectado por las alturas de corte utilizadas en este proyecto.

Palabras clave: Leguminosa, altura de corte, frecuencia de corte, época de nortes.

ABSTRACT. In the Mexican tropics, livestock farming is one of the most important economic activities, primarily sourced from native pastures; these yields vary depending on the season. For this reason, the objective of this project was to study the productive behavior of *Cratylia argentea*, facing different management strategies, to determine the best combinations during the northerly season in Tzucacab, Yucatán, Mexico. Six treatments were used, determined by the interaction between two heights (40 and 60 cm) and three cutting frequencies (30, 60, and 90 days). Dry matter yield (DM), shoot length (SL), basal shoot number (BSN), and leaf-stem ratio (LSR) were evaluated. Data were analyzed for variance analysis using the PROC MIXED procedure of SAS 9.4, and means were compared using the Tukey test ($P = 0.05$). The results showed no significant differences in the effect of height ($P = 0.065$) or the height × frequency interaction ($P = 0.386$). However, the cutting frequency (30, 60 and 90 days) allowed greater biomass accumulation as the time between pruning's increased ($P < 0.0001$). The highest DM yields were obtained 90 days after uniformization pruning for both cutting heights ($P < 0.05$). It is concluded that the DM yield is obtained by performing a cutting frequency of 90 days without being affected by the cutting heights used in this project.

Keywords: Legume, cutting height, cutting frequency, season of north winds.

Como citar: Lucas-Lorenzo DE, Santiago-Ortega MA, Cadena-Villegas S, Calzada-Marín M, Flores-Santiago EJ (2025) Rendimiento de *Cratylia argentea* (*desvaux*) o. *Kuntze* a diferentes estrategias de manejo. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 12(2): e4089 DOI: 10.19136/era.a12n24089.

INTRODUCCIÓN

Los trópicos cubren el 40% de la superficie terrestre (State of the Tropics 2022) y albergan 3.3 billones de personas (Verma *et al.* 2023). Con las tasas actuales de crecimiento demográfico, para 2050 la mitad de la población mundial vivirá en esta región (State of the Tropics 2022); la cual manifestara cambios en los patrones de clima locales y regionales (Nuñez-Hidalgo *et al.* 2023), ocasionado que los recursos naturales se vean sometidos a una tensión sin precedentes como resultado de la explosión demográfica y el cambio climático (Verma *et al.* 2023). En particular, el calor y la sequía ya están reduciendo la producción agrícola (Grecequet 2023); por otro lado, las inundaciones provocan graves daños a los cultivos y afectan la producción ganadera (Crist *et al.* 2020). En conjunto estos factores climatológicos extremos comprometerán la seguridad alimentaria (Baars *et al.* 2023). Por lo tanto, el desarrollo sostenible en los trópicos es una de las preocupaciones globales más cruciales en la actualidad.

En México, la región tropical ocupa el 28.3% de la superficie nacional y en ella, la ganadería bajo pastoreo es una de las actividades económicas de mayor importancia (Enríquez Quiroz *et al.* 2021). Sin embargo, los forrajes tropicales presentan diferente rendimiento de biomasa en función de su estacionalidad (Feitosa *et al.* 2022). Durante el periodo de lluvias y la transición lluvias-seca, los forrajes pueden presentar un pico de crecimiento debido a sus condiciones ecofisiológicas, mejorando su rendimiento de biomasa y calidad nutricional (Feitosa *et al.* 2022). Durante la temporada seca, los parámetros nutricionales y productivos son inferiores, con una reducción en la producción de biomasa hasta culminar en el estancamiento del crecimiento, un menor contenido de proteína y una mayor lignificación de la pared celular (Li *et al.* 2023, Palma *et al.* 2023) que afectan su digestibilidad (Lee *et al.* 2017). Estos factores influyen en la toma de decisiones relacionados con la carga animal (De-Jesus *et al.* 2021) y pueden limitar la producción por animal y por hectárea (Brunetti *et al.* 2020).

En la actualidad el uso de leguminosas forrajeras está relacionado con numerosos beneficios para el sistema suelo-planta-animal (dos-Santos-Oliveira *et al.* 2023). Pueden mejorar la fertilidad del suelo (Mpongwana *et al.* 2024), mejorar el rendimiento animal (Ortega *et al.* 2024). Además de reducir las emisiones de metano entérico y óxido nitroso en sistemas basados en el pastoreo (Boddey *et al.* 2020, Quintero-Anzueta *et al.* 2021), mejoran la composición botánica de la dieta (dos-Santos-Oliveira *et al.* 2023), garantizan un suministro constante de forraje y mayor persistencia en el potrero (Micke y Parsons 2022, Golińska *et al.* 2023). Esto es fundamental para la cría de ganado y contribuye a reducir los riesgos en la seguridad alimentaria (Tahir *et al.* 2023); además, ayuda a crear sistemas pecuarios más sostenibles (Micke y Parsons 2022, Solomon 2022).

Cratylia argentea es una leguminosa arbustiva perenne con potencial alimentario para el ganado en zonas tropicales (Teixeira *et al.* 2023), se puede utilizar como abono verde y en la recuperación de áreas degradadas (Matrangolo *et al.* 2018). Mientras que Valles-de-la-Mora *et al.* (2014) mencionan que esta leguminosa puede alcanzar rendimientos de 3632, 2615 y 1732 kg de MS ha⁻¹ para la temporada de seca, lluvias y nortes, respectivamente; con aporte de más de 170 g de proteína por kilogramo de materia seca (Álvarez-Carrillo *et al.* 2023), lo que mejora el valor nutricional de dieta e incrementa la ganancia de peso en bovinos (Valles-de-la-Mora *et al.* 2017). Por lo anterior, el

objetivo del presente proyecto fue estudiar el comportamiento productivo de *C. argentea*, frente a diferentes estrategias de manejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área experimental

El presente estudio fue realizado en condiciones de campo en el área experimental de forrajes del Centro de Desarrollo Tecnológico Tantakin, perteneciente a Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), ubicada a los 20° 01' 52" LN y 89° 02' 51" LO, con altitud de 34 msnm, localizado en el km 4.5 carretera Tzucacab–Escondido, Tzucacab, Yucatán, México. El clima en la zona es húmedo Aw1 (X') y Awo(X'), con lluvias en verano y una larga temporada de sequías. El promedio anual de precipitación total es de 1 125.3 mm, siendo de junio a septiembre los meses de mayor precipitación pluvial. La temperatura promedio mensual es de 25.5°C, siendo el mes de mayo el más caluroso (Figura 1). El experimento se llevó a cabo del 24 de noviembre 2021 a 24 de febrero de 2022.

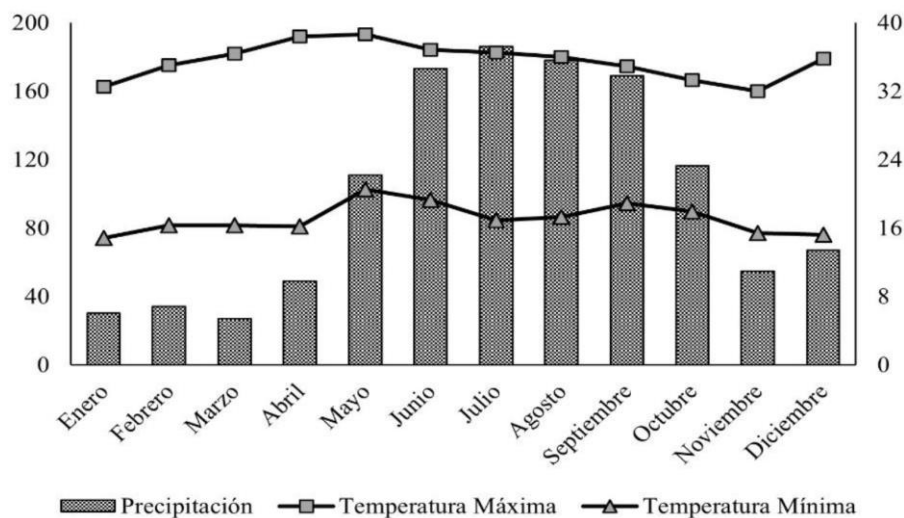


Figura 1. Condiciones climatológicas del sitio experimental.

El análisis químico del suelo se realizó de una muestra tomada de 0 – 20 cm de profundidad, para su posterior análisis en un laboratorio particular (Tabla 1).

Establecimiento y manejo de las plantas

Las parcelas experimentales fueron establecidas de forma manual (espeque) depositando dos semillas de *C. argentea* cv. Veraniega por espacio de siembra (hoyos) en el año 2021. La distancia entre plantas fue 50 cm y entre surcos de 100 cm, para una densidad de siembra de 20 000 plantas ha⁻¹. El suelo es de textura arcillosa, con un pH de 7.2, el contenido de materia orgánica fue de 4.4% y la conductividad eléctrica de 1.85 mS cm⁻¹. El contenido de minerales del suelo presento una deficiencia de fósforo y azufre y, una alta concentración de calcio y potasio (Tabla 1). Transcurridos 120 días posteriores al establecimiento inicial, se realizó un corte de uniformidad a 30 cm con tijeras

de podas, para garantizar un rebrote y un engrosamiento del tallo. El control de arvenses se realizó de forma manual. No se realizó fertilización del cultivo posterior a su establecimiento.

Tabla 1. Resultados del análisis químico del suelo.

pH	Conductividad eléctrica	Materia orgánica	Textura			Aniones (-)		
			Arcilla (%)	Arena (%)	Limo (%)	Nitrógeno Nitrítico (N-NO ₃ ⁻)	Fosforo de fosfatos (P-PO ₄)	Azufre de sulfatos (S-SO ₄ ⁻²)
H ₂ O	mS/cm	%						
7.28	1.85	4.49	45	41	14	20.8	4.00	3.33
Cationes			Microelementos					
Sodio Na ⁺	Potasio K ⁺	Calcio Ca ⁺²	Magnesio Mg ⁺²	Hierro Fe ⁻²	Zinc Zn ⁺²	Cobre Cu ⁺²	Manganeso Mn ⁺	Boro B ⁺³
		ppm				ppm		
350	640	3450	660	11.2	2.10	2.50	6.40	0.43
		Meq/100 g						
1.52	1.64	17.25	5.25	Capacidad de Intercambio Catiónico				
		% de base saturada				Meq / 100 g		
5.93	6.38	67.2	20.5			25.7		

Tratamientos y variables experimentales

El área experimental constó de dos parcelas de 100 m², donde un metro lineal (tres plantas) represento una unidad experimental. Los tratamientos (seis) fueron determinados por la interacción entre las dos alturas (40 y 60 cm) y tres frecuencias de corte (30, 60 y 90 días) utilizadas (Figura 2). Antes de iniciar la fase experimental, las plantas se sometieron a un corte de uniformidad utilizando la altura correspondiente a cada tratamiento y posteriormente a los 30, 60 y 90 días se determinó el rendimiento de materia seca (MS), longitud brotes (LB), número de brotes basales (BB) y la relación hoja tallo (RHT). Para fines de eliminar el efecto borde se realizó una poda intercalada entre surcos (un surco a 40 cm y otro a 60 cm).

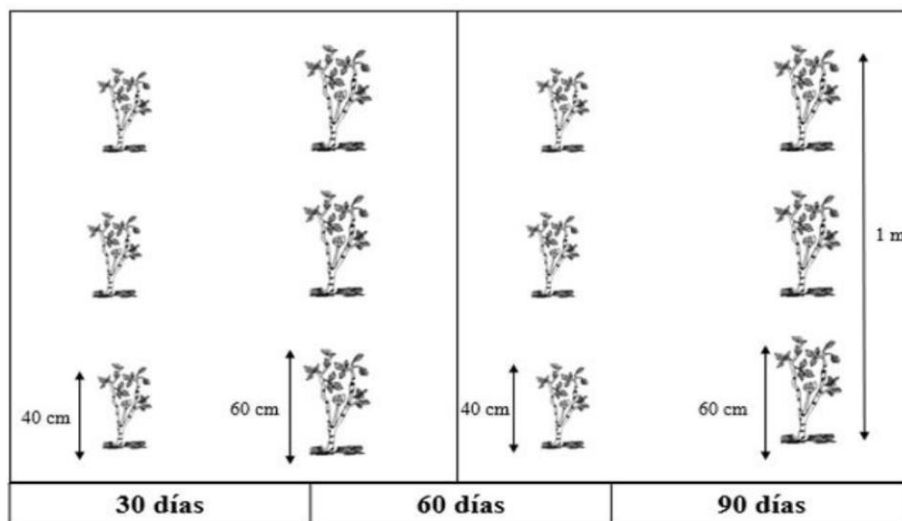


Figura 2. Diseño experimental de *Cratylia argentea* sometida a tres frecuencias y dos alturas de corte.

Las muestras obtenidas fueron pesadas en fresco en una balanza semianalítica, las repeticiones se revolvieron manualmente y una submuestra de 20% fue tomada, para proceder a la separación por componente morfológico, incluyendo lamina foliar y tallo. Posteriormente fueron colocadas en bolsas de papel y colocadas en una estufa de aire forzado a 60 °C durante 72 horas. Luego de adquirir una masa constante durante el secado, el material se pesó en una balanza semianalítica para determinar el contenido de MS, de acuerdo con la siguiente formula:

$$MS = \text{peso seco} - \text{peso fresco}$$

La RHT fue determinada a través de la formula $RHT = \text{materia seca de las hojas/peso fresco del tallo}$.

La longitud de brotes se determinó con ayuda de un flexómetro, colocándolo al ras del brote hasta el último ápice. El número de brotes basales se determinó realizando un conteo de los brotes emergidos después de la poda.

Diseño experimental y análisis estadístico

Para evaluar las variables de respuesta en el presente estudio los datos se sometieron a un análisis de varianza para un diseño de bloques al zar en un arreglo factorial 2x3: dos alturas de corte (40 y 60 cm sobre el nivel del suelo) y tres frecuencias de corte (30, 60 y 90 días). Cada tratamiento consto de cinco repeticiones. Las variables de respuesta fueron analizadas a través de un procedimiento PROC MIXED del paquete estadístico SAS 9.4. La separación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey con un alfa de 0.5. El modelo lineal aditivo empleado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde: Y_{ijk} : variable de respuesta en la repetición o unidad experimental "k", en la altura de corte "i" y la frecuencia de corte "j", μ : constante común o media poblacional, α_i : efecto del *i*-ésimo nivel de la altura de corte: 1 y 2, β_j : efecto del *j*-ésimo nivel de frecuencia de corte: 1, 2 y 3, $\alpha\beta_{ij}$: efecto de la interacción del nivel *i*-ésimo de la altura de corte con el nivel *j*-ésimo de la frecuencia de corte, y ε_{ijk} : representa el error de trasado con el tratamiento de la altura de corte *i*-ésimo y el tratamiento de la frecuencia de corte *j*-ésimo.

RESULTADOS

Rendimiento de materia seca

El análisis de varianza para el rendimiento de MS obtenido de las interacciones entre la altura y frecuencia de corte se muestra en la Tabla 2. El efecto de la altura ($P = 0.065$) y la interacción altura×frecuencia ($P = 0.386$) no mostro diferencia significativa en el presente estudio. Sin embargo, la frecuencia de corte (30, 60 y 90 días) permitió una mayor acumulación de biomasa conforme el tiempo entre podas sucesivas incremento ($P < 0.0001$). Los mayores rendimientos de MS se obtuvieron 90 días posteriores a la poda inicial para ambas alturas de corte ($P < 0.05$).

Tabla 2. Rendimiento de materia seca de *Cratylia argentea* sometida a diferentes alturas y frecuencias de corte ($\text{ton}^{-1} \text{ha}^{-1}$).

Altura (cm)	Frecuencia (días)	Estimador (t MS)	SE
40	30	0.18 ^b	0.414
40	60	0.93 ^b	0.389
40	90	3.17 ^a	0.389
60	30	0.24 ^b	0.389
60	60	1.49 ^b	0.389
60	90	4.24 ^a	0.389

SE: Error estándar. Medias con la misma letra no son significativamente diferente ($\alpha = 0.05$).

Proporción de hojas

En la Tabla 3, se reportan los valores obtenidos para la proporción de hojas presentes con relación al rendimiento de MS total. Los resultados indican que indican que *Cratylia argentea* resultó ser afectada por la frecuencia ($P < 0.0001$), más no por la altura de corte ($P = 0.096$); las interacciones de estas dos estrategias de manejo tampoco permitieron observar respuestas significativas al manejo ($P = 0.512$). Sin embargo, los mayores rendimientos de hoja fueron observados en la frecuencia de 90 días ($P < 0.0001$), con rendimientos de 1.98 y 2.52 t MS ha, respectivamente.

Tabla 3. Proporción de hojas del rendimiento total de materia seca de *Cratylia argentea* sometida a diferentes alturas y frecuencias de corte ($\text{ton}^{-1} \text{ha}^{-1}$).

Altura (cm)	Frecuencia (días)	Estimador (Ton / MS)	SE
40	30	0.18 ^c	0.262
40	60	0.75 ^c	0.248
40	90	1.98 ^{ab}	0.248
60	30	0.20 ^c	0.248
60	60	1.13 ^{bc}	0.248
60	90	2.52 ^a	0.248

SE: Error estándar. Medias con la misma letra no son significativamente diferente ($\alpha = 0.05$).

Proporción de tallos

En la Tabla 4, se reportan los resultados obtenidos para la proporción de tallos, los cuales indican que la leguminosa forrajera se vio afectada por la frecuencia ($P < 0.0001$) y por la altura de corte ($P = 0.042$). No se observó efecto de las interacciones de altura×frecuencia de corte sobre el rendimiento de tallos ($P = 0.162$). Las mayores proporciones obtenidas fueron a los 90 días de corte con 1.18 y 1.7 ton MS ha⁻¹ para las alturas de 40 y 60 cm, respectivamente.

Tabla 4. Porcentaje de tallos del rendimiento total de materia seca de *Cratylia argentea* sometida a diferentes alturas y frecuencias de corte ($\text{ton}^{-1} \text{ha}^{-1}$).

Altura (cm)	Frecuencia (días)	Estimador (Ton / MS)	SE
40	30	0.005 ^b	0.153
40	60	0.182 ^b	0.142
40	90	1.188 ^a	0.142
60	30	0.010 ^b	0.142
60	60	0.356 ^b	0.142
60	90	1.712 ^a	0.142

SE: Error estándar. Medias con la misma letra no son significativamente diferente ($\alpha = 0.05$).

Número de brotes basales

De acuerdo con el análisis de varianza (Tabla 5), la altura ($P = 0.172$) y las interacciones altura×frecuencia ($P = 0.497$) no afectaron la aparición de brotes basales en *Cratylia argentea*. Sin embargo, la frecuencia de corte influyó sobre la tasa de aparición de brotes basales en la planta ($P = 0.037$). La frecuencia de 30 días promedio una mayor presencia de brotes basales con respecto a la frecuencia de 60 y 90 días, respectivamente.

Tabla 5. Número de brotes basales de *Cratylia argentea* sometida a diferentes alturas y frecuencias de corte.

Altura (cm)	Frecuencia (días)	Estimador (Ton / MS)	SE
40	30	13.0 ^a	1.49
40	60	8.80 ^b	1.33
40	90	8.40 ^b	1.33
60	30	12.9 ^a	1.33
60	60	12.0 ^{ab}	1.33
60	90	10.0 ^b	1.33

SE: Error estándar. Medias con la misma letra no son significativamente diferente ($\alpha = 0.5$).

Longitud de brotes basales

En la Tabla 6, se presenta la longitud de rebrotes de *Cratylia argentea*, de acuerdo con el análisis estadístico se encontraron diferencias altamente significativas para la frecuencia de corte ($P < 0.0001$) y no así para la altura de corte ($P = 0.312$). Sus interacciones tampoco fueron estadísticamente diferentes ($P = 0.762$). Los promedios indican 11.20, 49.45 y 123.10 cm para 30, 60 y 90 días respectivamente.

Tabla 6. Longitud de brotes basales de *Cratylia argentea* sometida a diferentes alturas y frecuencias de corte (cm⁻¹).

Altura (cm)	Frecuencia (días)	Estimador (T / MS)	Error estándar
40	30	9.85 ^c	8.98
40	60	42.5 ^{cb}	8.03
40	90	121 ^a	8.03
60	30	12.6 ^c	8.03
60	60	56.4 ^b	8.03
60	90	125 ^a	8.03

SE: Error estándar. Medias con la misma letra no son significativamente diferente ($\alpha = 0.5$).

DISCUSIÓN

Rendimiento de materia seca

El uso de leguminosas forrajeras en la ganadería tropical representa una alternativa que combina el desempeño de la producción animal con la sostenibilidad, ya que reduce los costos de producción de carne y leche y mejora la calidad nutricional de la dieta del animal (Almeida *et al.* 2019). Sin embargo, en las regiones tropicales es importante conocer el rendimiento de MS de las especies forrajeras a través del año, con la finalidad de definir las mejores estrategias de manejo; en esta región la mayor producción de forraje se puede observar en la temporada de lluvias (junio a septiembre), seguida de la época de nortes (octubre a enero), mientras la acumulación más baja se presenta en la temporada seca (febrero a mayo).

En el presente estudio se observó un rendimiento promedio de 185 g MS planta⁻¹ de *C. argentea* para las frecuencias de corte de 90 días (Tabla 2), este valor es superior a la acumulación de biomasa reportada por Enríquez-Quiroz *et al.* (2003) para la frecuencia de 90 días, estos autores obtuvieron un rendimiento promedio de 82 g MS planta⁻¹ durante la época de nortes en el sur de Veracruz, cuando utilizaron una densidad de siembra de 20 000 plantas ha⁻¹. El estudio realizado por Lugo-Soto *et al.* (2009) confirman estos resultados, ya que su rendimiento promedio fue de 107 g MS planta⁻¹ a una frecuencia de corte de 90 días, sin embargo, estos autores utilizaron una densidad de siembra 75% menor a la utilizada en el presente estudio. Por otra parte, el rendimiento de MS por planta fue superior (185 > 136 g MS planta⁻¹) cuando lo comparamos con el rendimiento obtenido de un experimento donde se utilizó una altura y frecuencia de corte de 30 cm × 120 días, respectivamente. Otros estudios indican también que conforme el intervalo entre cortes es mayor la acumulación de materia seca se ve favorecida (Lobo y Acuña 2001, Santana y Medina 2005).

La defoliación consiste básicamente en remover parte de los órganos de los brotes de las plantas (Gastal y Lemaire 2015). La frecuencia de defoliación de las plantas forrajeras es un criterio específico de cada especie que determina la producción de biomasa y la persistencia de la planta (García-Favre *et al.* 2021). Como se puede observar, los resultados indican que una frecuencia de corte más espaciada (es decir, el avance de la edad de madurez de la planta) aumento de forma

significativa el rendimiento de MS de la planta (Brougham 1956). Esto debido a un mayor tiempo de recuperación que permitió que las plantas acumularan más biomasa, lo que resultó en un mayor rendimiento de forraje (Baker *et al.* 2023).

Sin embargo, el rendimiento puede verse reducido con cortes más frecuente, como sucedió en el presente experimento, esto debido a un mayor número de fases de recuperación entre los eventos de corte (Baker *et al.* 2023). Las defoliaciones más frecuentes pueden ser perjudiciales para la productividad de la mayoría de especies forrajeras, probablemente debido a una disminución en la acumulación de reservas de carbohidratos en la raíz (Turner *et al.* 2006). La acumulación de carbohidratos de reserva está directamente relacionada con el área foliar remanente, dado que la defoliación conduce a la eliminación de parte de ella (Gastal y Lemaire 2015) y consecuentemente a una reducción en la tasa de fotosíntesis (Shen *et al.* 2019). Lo cual impide que se acumulen carbohidratos de reserva en la raíz para próximos rebrotes (da-Silva *et al.* 2015). Este almacenamiento también se puede ver influenciado por la radiación solar disponible (nubosidad, duración del día, densidad del dosel del pasto) y las necesidades energéticas de la planta a través de la respiración (temperatura, masa del dosel) y el crecimiento (Fulkerson y Donaghy 2001). Por otra parte, la temperatura y la precipitación se encuentran entre los factores más importantes que pueden afectar el rendimiento del forraje, porque influyen directamente en el crecimiento de la planta. Además, estos factores ambientales influyen sobre la regulación del ciclo de nutrientes en suelo que influye sobre los parámetros productivos de los forrajes (Buttler *et al.* 2019, Meisser *et al.* 2019, Mariotte *et al.* 2020).

Proporción de hojas

Estos resultados son comparados con los reportados por Enríquez-Quiroz *et al.* (2003), quienes con defoliaciones espaciadas de 90 días obtuvieron rendimientos de hasta 70% de hojas (20 000 plantas ha⁻¹). Al respecto, Lugo-Soto *et al.* (2009) reportan un mayor rendimiento de hojas por planta conforme incremento la edad de la planta. Por otra parte, aunque en el presente estudio no se reportan efectos de la altura sobre el rendimiento de hoja, si es claro que se produjo un 23% más hojas cuando se cortó a 60 cm en comparación con la poda a 40 cm, lo cual puede deberse a que mientras más alto sea el corte, más cogollos quedan y por lo tanto se generan más hojas. Efecto que se atribuye a la edad del rebrote la cual es importante para obtener una alta proporción de hojas a edades tempranas, estas disminuyen paulatinamente cuando el tiempo de rebrote se incrementa; se ha reportado porcentajes de hoja de 83% en rebrotes de 35 días y 56% a los 5 meses de rebrote. La respuesta de las plantas a una defoliación se puede resumir de la siguiente manera: 1) disponibilidad total y reutilización de reservas orgánicas, 2) crecimiento de las raíces y 3) desarrollo del área foliar e intercepción de la luz en el dosel de la planta. Por consiguiente, la aparición de hojas nuevas después del pastoreo es importante para que la planta que es sometida a un proceso de defoliación o corte acumule carbohidratos de reserva (Turner *et al.* 2006) y estén preparadas para un nuevo corte y defoliación (García-Favre *et al.* 2021), permitiéndoles un rebrote vigoroso (da-Silva *et al.* 2015). Al respecto, Chapman y Lemaire (1993), mencionan que a medida que el suministro de hojas se recupera, la movilización de reservas disminuye y comienza la fotosíntesis, lo que conduce a un mayor crecimiento y desarrollo. La etapa de rebrote foliar (número de hojas por macollo o planta) es un parámetro morfológico estrechamente relacionado con los niveles de

carbohidratos de reserva presentes en la raíz de la planta, así como, con la calidad y cantidad de forraje (Fulkerson y Donaghy 2001, Turner *et al.* 2006).

En el presente estudio la mayor disponibilidad hojas fotosintéticamente activas permitió una recuperación más rápida de la planta, lo cual condujo a mayores rendimientos de materia seca cuando la defoliación fue menos severa. Esto es confirmado por Brougham (1956, 1958) quien demostró que el crecimiento de las plantas era una función de la intercepción de luz por el dosel y del índice de área foliar presente en la planta después de una poda o pastoreo, que la tasa de acumulación de materia seca alcanzaba un valor máximo cuando hay suficiente follaje para interceptar casi toda la luz incidente.

Proporción de tallos

Los resultados del presente experimento indican que conforme la frecuencia de corte es menor la proporción de tallos aumenta. Otros autores correlacionan el número de tallos con la densidad de plantas, por ejemplo, se ha observado que conforme incrementa la densidad de 6 600 a 10 000 plantas ha^{-1} el número de tallos basales es mayor (Enríquez-Quiroz *et al.* 2003). Estos mismos autores mencionan, que la mayor presencia de tallos es una característica de importancia desde el punto de vista de supervivencia de esta, ya que el crecimiento y rendimiento de biomasa no depende de un solo tallo, sino del número total de tallos por planta; prácticamente puede considerarse que este atributo puede ser un tipo de amacollamiento de la planta. Si consideramos entonces este atributo de *C. argentea*, podemos destacar que a partir de estos macollos se pueden generar nuevas llevas axilares y basales, su número y tamaño dependerá de factores como genotipo, equilibrio hormonal de la planta, temperatura, fotoperiodo, agua, nutrición mineral y número de corte (Almeida *et al.* 2017). La mayor presencia de tallos puede garantizar también un mayor número de hojas por planta, lo cual impacta directamente en el rendimiento (da-Silva *et al.* 2015). Con el avance de la edad en las plantas, cambia el estado de desarrollo de manera progresiva desde estado vegetativo hasta senescencia, estos cambios están relacionados con el desarrollo y envejecimiento de tejidos y de dominancia de hojas a dominancia de tallos. Los tallos también son fundamentales en la planta porque tienen mayor proporción de envoltorios vasculares recalcitrantes, incluyendo la xilema y otras células del esclerénquima, que lignificados son necesarios para proveer soporte a la planta.

Número de brotes basales

En el presente estudio el número de rebrotes fue mayor cuando la planta se manejó a una frecuencia de corte más severa, lo cual coincide con lo mencionado con da-Silva *et al.* (2015) y Gastal y Lemaire (2015), quienes mencionan que defoliaciones frecuentes y severas estimulan el número de rebrotes por plantas. Mientras que Lugo-Soto *et al.* (2009) reportan que la mayor cantidad de nuevos rebrotes se presentó cuando la frecuencia de defoliación fue mayor, lo cual también coincide con lo mencionado por Santana y Medina (2005) y Lobo y Acuña (2001). Al respecto, Lascano *et al.* (2002) mencionan que *C. argentea* tiene una elevada capacidad de rebrote cuando es manejada bajo condiciones de corte y frecuencias de corte mayores.

El comportamiento observado en el presente trabajo pudo deberse a que el número de brotes basales dependerá de la disponibilidad de tejidos meristemáticos activos (yemas), la cantidad y capacidad fotosintética del área foliar residual, de la movilización de carbohidratos de reserva

disponibles y otras reservas del material de la planta que queden después del corte. Los intervalos de corte más cortos mejoraron el rebrote, pero los cortes muy frecuentes redujeron la materia seca total (Tarawali *et al.* 1995).

Longitud de brotes basales

Los datos obtenidos en el presente estudio difieren de los reportados por Santana y Medina (2005), quienes encontraron valores de 52.8, 81.7 y 108.30 cm para 45, 60 y 90 días respectivamente. Por otra parte, son inferiores a los reportados por Lugo *et al.* (2009), quienes encontraron 20.80, 34.92 y 48.17 cm para 30, 60 y 90 días. Al respecto, Stür *et al.* (1994), comentan que los árboles y arbustos, tras las primeas semanas de corte, tiene una cantidad limitada de carbohidratos, lo que provoca una lenta recuperación de la planta, hasta que aparecen nuevas hojas capaces de realizar la fotosíntesis para ayudar a la recuperación; este hecho puede explicar la longitud de la rama más grande que ocurrió en el presente estudio cuando la frecuencia de corte fue de 90 días y la altura de 60 cm, ya que las plantas defoliadas a alturas más bajas limitan la cantidad de carbohidratos de reserva, derivado de un menor número de hojas disponibles para la fotosíntesis (Brougham 1956, 1958).

CONCLUSIONES

Una frecuencia de corte de 90 días en *Cratylia argentea* permite a la planta expresar sus mayores rendimientos de materia seca con 3.17 y 4.24 toneladas de materia seca por hectárea, para una frecuencia de corte de 60 y 90 días, respectivamente. Propiciando mayor proporción de hojas, proporción de tallos y longitud de brotes basales; sin que se vea afectada por la altura de corte utilizada bajo las condiciones de norte.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo por los recursos otorgados a través del proyecto convencional 25107-C-92 2025, con el cual se analizan alternativas alimenticias para la ganadería lechera en las regiones tropicales del país.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

LITERATURA CITADA

Almeida BAS, Mistura C, dos Santos-Nunes TS, Oliveira-Borges R, Avila-Queiroz MA, Oliveira GM, Araújo EJB, y Filho PAF (2017) Contribution of basal and aerial tillers to forage production dynamics in Tifton-

- 85 bermudagrass irrigated with fishpond wastewater and fertilized with NPK. *Ciências Agrárias* 38(6): 3725-3737. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n6p3725>
- Almeida JCC, Morais LF, Araújo RP, Morenz MJF, Abreu JBR, Soares FA (2019) Dry matter production and chemical composition of tropical forage legumes under different shading levels. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 41: e43526. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v41i1.43526>
- Álvarez-Carrillo F, Casanoves F, Cuellar-Medina Y, Ortiz-Meneses JF, Balanta-Martínez VJ, Celis Parra GA (2023) Nutritional quality of *Piptocoma discolor* and *Cratylia argentea* as a non-timber forest products for animal feed in the Caquetá province. *The Journal of Agriculture and Environment for International Development* 116(2): 109-120. <https://doi.org/10.36253/jaeid-13102>
- Baars C, Barbir J, Paulino Pires-Eustachio JH (2023) How can climate change impact human health via food security? A bibliometric analysis. *Environments* 10(196): 1-19. <https://doi.org/10.3390/environments10110196>
- Baker S, Lynch MB, Godwin F, Brennan E, Boland TM, Evans ACO, Kelly AK, Sheridan H (2023) Dry-matter production and botanical composition of multispecies and perennial ryegrass swards under varying defoliation management. *Grass and Forage Science* 78(3): 390-401. <https://doi.org/10.1111/gfs.12615>
- Boddey RM, Casagrande DR, Homem BGC, Alves BJR (2020) Forage legumes in grass pastures in tropical Brazil and likely impacts on greenhouse gas emissions: A review. *Grass and Forage Science* 75(4): 357-371. <https://doi.org/10.1111/gfs.12498>
- Brougham RW (1956) Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. *Australian Journal of Agricultural Research* 7(5): 377-387. <https://doi.org/10.1071/ar9560377>
- Brougham RW (1958) Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants. *Australian Journal of Agricultural Research* 9(1): 39-52. <https://doi.org/10.1071/ar9580039>
- Brunetti HB, Cavalcanti PP, Dias CTS, Pezzopane JRM, Sanos PM (2020) Climate risk and seasonal forage production of *Marandu palisadegrass* in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 92: e20190046. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020190046>
- Buttler A, Mariotte P, Meisser M, Guillaume T, Signarbieux C, Vitra A, Preux S, Mercier G, Quezada J, Bragazza L, Gavazov K (2019) Drought-induced decline of productivity in the dominant grassland species *Lolium perenne* L. depends on soil type and prevailing climatic conditions. *Soil Biology and Biochemistry* 132: 47-57. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.01.026>
- Chapman DF (2016) Using ecophysiology to improve farm efficiency: Application in temperate dairy grazing systems. *Agriculture* 6(2): 1-19. <https://doi.org/10.3390/agriculture6020017>
- Crist S, Mori J, Smith R L (2020) Flooding on beef and swine farms: A scoping review of effects in the Midwestern United States. *Preventive Veterinary Medicine* 184: 105158. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105158>
- Da-Silva S, Sbrissia A, Pereira L (2015) Ecophysiology of C4 forage grasses — understanding plant growth for optimising their use and management. *Agriculture* 5(3): 598-625. <https://doi.org/10.3390/agriculture5030598>
- De-Jesus FLF, Sanches AC, de-Souza DP, Mendonça FC, Gomes EP, Santos RC, Santos JEO, da-Silva JLB (2021) Seasonality of biomass production of irrigated Mombaça ‘Guinea grass’. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science* 71(3): 156-164. <https://doi.org/10.1080/09064710.2020.1863456>
- dos-Santos-Oliveira J, Depablos L, Homem BGC, Ferreira I M, Boddey RM, Paiva AJ, Lara MAS, Casagrande DR (2023) Forage intake and nitrogen metabolism of beef cattle grazing palisadegrass-calopo mixed pasture managed using canopy light interception. *Grass and Forage Science* 78(3): 416-424. <https://doi.org/10.1111/gfs.12613>

- Enríquez-Quiroz JF, Esqueda-Esquivel VA, Martínez-Méndez D (2021) Rehabilitación de praderas degradadas en el trópico de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 12: 243-260. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5876>
- Enríquez-Quiroz JF, Garay AH, Pérez JP, Carrillo ARQ, Cossio JGM (2003) Densidad de siembra y frecuencias de corte en el rendimiento de *Cratylia argentea* (desvaux) o. Kuntze en el sur de veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 41(1): 75-84.
- Feitosa O de S, Leite R da C, Alexandrino E, Pires T de JS, Oliveira LBT de, Paula JJ de, Santos AC dos (2022) Forage performance and cattle production as a function of the seasonality of a Brazilian tropical region. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 44. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v44i1.53779>
- Fulkerson WJ, Donaghy DJ (2001) Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence - key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: A review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41(2): 261-275. <https://doi.org/10.1071/ea00062>
- García-Favre J, Zhang Y, López IF, Donaghy DJ, Cranston LM, Kemp PD (2021) Decreasing defoliation frequency enhances *Bromus valdivianus* Phil. growth under low soil water levels and interspecific competition. *Agronomy* 11(7): Article 7. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071333>
- Gastal F, Lemaire G (2015) Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilization in pasture: Review of the underlying ecophysiological processes. *Agriculture* 5(4): 1146-1171. <https://doi.org/10.3390/agriculture5041146>
- Golińska B, Vishwakarma R, Brophy C, Goliński P (2023) Positive effects of plant diversity on dry matter yield while maintaining a high level of forage digestibility in intensively managed grasslands across two contrasting environments. *Grass and Forage Science* 78(4): 438-461. <https://doi.org/10.1111/gfs.12644>
- Grecequet M (2023) Slower population growth in hot and dry conditions. *Communications Earth and Environment* 4: 259. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00917-z>
- Hernández M, Hernández I (2005) Utilización de arbóreas como abono verde y manejo de la defoliación en sistemas de corte y acarreo In: Leonel Simón Guelmes (Editor). *El silvopastoreo un nuevo concepto de pastizal*. Editorial Universitaria, Guatemala. pp 109-130.
- Lascano C, Rincón A, Plazas C, Ávila P, Bueno G, Argel PJ (2002) Cultivar Veranera [*Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze] - Leguminosa arbustiva de usos múltiples para zonas con períodos prolongados de sequía en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 28p.
- Lee MA, Davis AP, Chagunda MGG, Manning P (2017) Forage quality declines with rising temperatures, with implications for livestock production and methane emissions. *Biogeosciences* 14(6): 1403-1417. <https://doi.org/10.5194/bg-14-1403-2017>
- Li T, Peng L, Wang H, Zhang Y, Wang Y, Cheng Y, Hou F (2023) Multiple cutting increases forage productivity and enhances legume pasture stability in a rainfed agroecosystem. *Annals of Agricultural Sciences* 68(2): 126-136. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2023.12.002>
- Lobo M, Acuña V (2001) Efecto de la edad de rebrote y la altura de corte sobre la producción de *Cratylia argentea* en el trópico subhúmedo de Costa Rica. In: Holmann F, Lascano C (eds) *Sistemas de alimentación con leguminosas para intensificar fincas lecheras*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Consorcio Tropileche e International Livestock Research Institute. Colombia. pp. 35-38.
- Lugo-Soto M, Vibert E, Betancourt M, González I, Orozco A (2009) Efecto de la altura y edad de corte en la producción de materia seca y proteína bruta de *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze bajo condiciones del piedemonte barinés, Venezuela. *Zootecnia Tropical* 27(4): 457-464.
- Maass BL (1996) Evaluación agronómica de *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze en Colombia. In: Pizarro EA; Coradin L, eds. *Potencial del género *Cratylia* como leguminosa forrajera*. CIAT Documento de Trabajo no. 158. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Empresa Brasileira de Pesquisa

- Agropecuária (EMBRAPA); Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado (CPAC), Centro Nacional de Pesquisa de Recursos Genéticos e Biotecnología (CENARGEN), Cali, Colombia. pp. 62–74.
- Mariotte P, Cresswell T, Johansen MP, Harrison JJ, Keitel C, Dijkstra FA (2020) Plant uptake of nitrogen and phosphorus among grassland species affected by drought along a soil available phosphorus gradient. *Plant and Soil* 448(1-2): 121-132. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04407-0>
- Matrangolo WJR, Silva IFH da, Almeida LG de, Malta PCC, Cruz SCB da, Gomes SX (2019) A leguminosa “*Cratylia Argentea*” e a construção de uma rede de pesquisa participativa. In: Andrade DF (ed) *Agroecología em foco*. Editora Poisson Vol. 3. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. pp. 8-24.
- Meisser M, Vitra A, Deléglise C, Dubois S, Probo M, Mosimann E, Buttler A, Mariotte P (2019) Nutrient limitations induced by drought affect forage N and P differently in two permanent grasslands. *Agriculture Ecosystems and Environment* 280: 85-94. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.04.027>
- Micke B, Parsons D (2022) Using botanical resources to select wild forage legumes for domestication in temperate grassland agricultural systems. *Agronomy for Sustainable Development* 43(1): 1. <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00853-w>
- Mpongwana S, Manyevere A, Mupangwa J, Mpendulo CT, Mashamaite CV (2024) Improving soil fertility through dual inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and *Rhizobium* on a eutric cambisol cultivated with forage legumes in a semi-arid region. *Heliyon* 10(2): e24817. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24817>
- Nuñez-Hidalgo I, Meseguer-Ruiz O, Serrano-Notivoli R, Sarricolea P (2023) Population dynamics shifts by climate change: High-resolution future mid-century trends for South America. *Global and Planetary Change* 226: 104155. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2023.104155>
- Ortega G, Berberian N, Chilibroste P (2024) The effects of stocking rate, residual sward height, and forage supplementation on forage production, feeding strategies, and productivity of milking dairy cows. *Frontier in Animal Science* 5. <https://doi.org/10.3389/fanim.2024.131915>
- Palma MNN, Reis WLS, Rodrigues JPP, Silva TE, Franco MO, Rennó LN, Detmann E (2023) Strategies of energy supplementation for cattle fed tropical forage and infrequently supplemented with protein. *Animal Feed Science and Technology* 297: 115599. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2023.115599>
- Quintero-Anzueta S, Molina-Botero IC, Ramirez-Navas JS, Rao I, Chirinda N, Barahona-Rosales R, Moorby J, Arango J (2021) Nutritional evaluation of tropical forage grass alone and grass-legume diets to reduce *in vitro* methane production. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.663003>
- Santana MO, Medina MS (2005) Producción de materia seca y calidad forrajera de *Cratylia argentea* (desv) O. Kuntze bajo tres alturas y edades de corte en bosque húmedo tropical. *Livestock Research for Rural Development* 17(10): 1-13.
- Shen H, Dong S, Li S, Xiao J, Han Y, Yang M, Zhang J, Gao X, Xu Y, Li Y, Zhi Y, Liu S, Dong Q, Zhou H, Yeomans JC (2019) Grazing enhances plant photosynthetic capacity by altering soil nitrogen in alpine grasslands on the Qinghai-Tibetan plateau. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 280: 161-168. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.04.029>
- State of the Tropics (2022) COVID-19 in the Tropics. James Cook University, Townsville, Australia.
- Solomon JKQ (2022) Legumes for animal nutrition and dietary energy. En: Meena RS, Kumar S (eds) *Advances in legumes for sustainable Intensification*. Academic Press. USA. pp. 227-244. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85797-0.00026-4>
- Stür WW, Shelton HM, Gutteridge RC (1994) Defoliation management of forage tree legumes. In: Gutteridge RC, Shelton HM (eds) *Forage tree legumes in tropical agriculture*, CAB International. Wallingford. pp. 158-167.

- Tahir M, Wei X, Li J, Kang B, Yan Y (2023) Mixed legume–grass seeding and nitrogen fertilizer input enhance forage yield and nutritional quality by improving the soil enzyme activities in Sichuan, China. *Frontiers in Plant Science* 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.117615>
- Tarawali G, Mohamed-Saleem MA, Chionuma PC (1995) The effect of frequency of defoliation on the productivity of selected forage legumes (*Stylosanthes hamata*, *Stylosanthes capitata* and *Centrosema pascuorum*) in the sub-humid zone of Nigeria. *Experimental Agriculture* 31(1): 13-19. <https://doi.org/10.1017/S0014479700024960>
- Teixeira EC, Abreu LF, de Souza FA, Matrangolo WJR, da-Silva KT, de-Lima LS, de-Sa HCM, Lana ÂMQ (2023) Could *Cratylia argentea* replace Tifton 85 hay on growing and finishing lamb diets in tropical areas? *Plos One* 18(12): e0295510. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295510>
- Turner LR, Donaghy DJ, Lane PA, Rawnsley RP (2006) Effect of defoliation management, based on leaf stage, on perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), prairie grass (*Bromus willdenowii* Kunth.) and cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) under dryland conditions. 1. Regrowth, tillering and water-soluble carbohydrate concentration. *Grass and Forage Science* 61(2): 164-174. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2006.00523.x>
- Valles-de-la-Mora B, Castillo-Gallegos E, Alonso-Díaz MÁ, Ocaña-Zavaleta E, Jarillo-Rodríguez J (2017) Live-weight gains of Holstein × Zebu heifers grazing a *Cratylia argentea*/Toledo-grass (*Brachiaria brizantha*) association in the Mexican humid tropics. *Agroforestry Systems* 91(6): 1057-1068. <https://doi.org/10.1007/s10457-016-9980-5>
- Valles-de-la-Mora B, Castillo-Gallegos E, Ocaña-Zavaleta E, Jarillo-Rodríguez J (2014) *Cratylia argentea*: Un arbusto forrajero potencial en sistemas silvopastoriles: Rendimiento y calidad de accesiones según las edades de rebrote y estaciones climáticas. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 20(2): 277-293. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2013.11.040>
- Verma A, Gupta VK, Jana A, Jain RK, Deb C (2023) Tropical climates and the interplay between IEQ and energy consumption in buildings: A review. *Building and Environment* 242: 110551. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110551>