

CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE CLITORIA (*Clitoria ternatea* L.) EN CONDICIONES TROPICALES DE MÉXICO

GROWTH AND FORAGE PRODUCTION OF CLITORIA (*Clitoria ternatea* L.) UNDER TROPICAL CONDITIONS IN MEXICO

Joel Ventura-Ríos^{1a}, Mario Alberto Santiago-Ortega², Delia Margarita Olvera-Aguilar^{1b}, Hermes Pérez-Hernandez³, Perpetuo Álvarez-Vazquez^{1c} y Adelaido Rafael Rojas-García^{4*}

^{1a} Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calz. Antonio Narro 1923, Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coahuila, México
<https://orcid.org/0000-0003-1796-5741>

² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, C.P. 97300, Yucatán, México
<https://orcid.org/0000-0001-6713-487X>

^{1b} Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calz. Antonio Narro 1923, Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coahuila, México
<https://orcid.org/0009-0008-1173-2086>

³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Edzná, Campeche. C.P. 24520, México
<https://orcid.org/0000-0002-5883-066X>

^{1c} Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calz. Antonio Narro 1923, Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coahuila, México
<https://orcid.org/0000-0003-2666-3999>

⁴ Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2. C.P. 41940, Cuajinicuilapa, Guerrero, México
<https://orcid.org/0000-0002-5617-5403>

* Autor de correspondencia: rogarcia@uagro.mx

RESUMEN

El manejo agronómico es un factor determinante para optimizar la producción de leguminosas forrajeras en condiciones tropicales. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la distancia entre surcos (DS), la altura de corte (AC) y los días después del corte de homogeneización (DDCH) sobre el crecimiento y la producción de forraje de *C. ternatea* L. El experimento se realizó en Yucatán, México, bajo un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 2 × 2, generando cuatro tratamientos: T1 (5 cm, 80 cm), T2 (10 cm, 80 cm), T3 (5 cm, 60 cm) y T4 (10 cm, 60 cm). El análisis de varianza y prueba de comparación de medias ($\alpha = 0,05$) indicaron que la DS afectó ($p < 0,01$) a la altura de planta (AP), radiación interceptada (RI), tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y producción de forraje. En T2, AC modificó ($p \leq 0,01$) a la AP y RI. La AP y RI fueron mayores y presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) a los 88 DDCH en T2, alcanzando valores de 110,7 cm y 83%, respectivamente. La TCC fue mayor a 72 DDCH en T2, con una producción de 11,6 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ ($p \leq 0,05$). La mayor producción de forraje se obtuvo a los 80 DDCH (4950 kg ha⁻¹; $p \leq 0,05$) en T1. En conclusión, la producción de forraje de *C. ternatea* L. depende del intervalo entre cortes, modulada por la distancia entre surcos y la altura de corte, lo que resalta su potencial productivo bajo un manejo agronómico adecuado en condiciones tropicales de México.

Palabras clave: *Clitoria ternatea* L., altura de corte, distancia entre surcos, producción de forraje.

ABSTRACT

Agronomic management is a crucial factor for optimizing forage legume production under tropical conditions. The objective of this study was to evaluate the effect of row spacing (DS), cutting height (AC), and days after homogenization cut (DDCH) on the growth and forage production of *C. ternatea* L. The experiment was conducted in Yucatán, Mexico, using a randomized complete block design with a 2 × 2 factorial arrangement, generating four treatments: T1 (5 cm, 80 cm), T2 (10 cm, 80 cm), T3 (5 cm, 60 cm), and T4 (10 cm, 60 cm). Analysis of variance and mean comparison tests ($\alpha = 0,05$) indicated that DS significantly affected ($p < 0,01$) plant height (AP), intercepted radiation (RI), crop growth rate (TCC), and forage production. In T2, AC modified ($p < 0,01$) AP and RI. AP and RI were greater and showed significant differences ($p < 0,05$) at 88 DDCH in T2, reaching values of 110,7 cm and 83%, respectively. TCC was higher at 72 DDCH in T2, reaching a production of 11,6 kg DM ha⁻¹ d⁻¹ ($p \leq 0,05$). The highest forage production was reached at 80 DDCH (4950 kg ha⁻¹; $p \leq 0,05$) in T1. In conclusion, forage production of *C. ternatea* L. depends on the cutting interval, modulated by row spacing and cutting height, highlighting its productive potential under appropriate agronomic management in tropical conditions in Mexico.

Keywords: *Clitoria ternatea* L., cutting height, row spacing, forage production.

INTRODUCCIÓN

En las regiones de trópico húmedo, subhúmedo y seco de México, existe una amplia diversidad de leguminosas forrajeras herbáceas, arbustivas y arbóreas, aunque su aprovechamiento para la alimentación de rumiantes y otros herbívoros, ha sido limitado debido a la escasa información científica y evaluaciones agronómicas de su comportamiento (Alatorre-Hernández et al., 2018).

Las leguminosas forrajeras son componentes esenciales en los sistemas ganaderos tropicales y subtropicales debido a su capacidad de fijación simbiótica de nitrógeno y su alto valor nutricional. En este contexto, *C. ternatea* L., conocida en América Latina como: Clitoria, Tehuana y frijol mariposa, se presenta como una alternativa prometedora para diversificar y mejorar los sistemas de producción forrajera en las zonas tropicales y subtropicales del país. Esta especie perenne está distribuida ampliamente en regiones tropicales y subtropicales, con tres subgéneros y 58 especies validadas a nivel mundial (Ezzudin y Rabeta, 2018; Shirodkar et al., 2023; Oguis et al., 2019).

Botánicamente, presenta un hábito de crecimiento trepador o rastrero, hojas pinnadamente compuestas con 5 a 7 folíolos y flores papilionadas que normalmente, sus corolas suelen ser de color azul oscuro, pero también pueden presentarse en blanco y en varios tonos intermedios de azul y blanco; su sistema radicular profundo y los nódulos fijadores de nitrógeno favorecen su uso en rotación de cultivos (De Souza et al., 1996; Bishoyi y Geetha, 2012).

La disposición del follaje y la arquitectura del

dosel condicionan la intercepción de radiación, determinando la eficiencia fotosintética, la tasa de crecimiento y la acumulación de forraje, lo que hace de *Clitoria* una especie con alto potencial forrajero bajo diferentes manejos agronómicos. Recientemente, esta leguminosa ha sido estudiada como fuente de forraje para herbívoros (Abreu et al., 2014), y su composición nutricional que contiene más del 22% de proteína cruda, 46,5% de fibra detergente neutro, 38% de fibra detergente ácido y 46,7% de holocelulosas lo que la convierte en una opción de alta calidad para sistemas ganaderos en condiciones tropicales y subtropicales (Sosa-Montes et al., 2020).

Diversos estudios destacan el valor nutricional y la productividad de *C. ternatea* L. García-Ferrer et al. (2016) reportaron contenidos de taninos de 92,6 a 115,3 g kg⁻¹ de MS, que protegen la proteína cruda en el rumen y favorecen la salud animal (Huang et al., 2018). En cuanto al rendimiento de forraje, Abreu et al. (2014) registraron rendimientos de 975 a 4067 kg ha⁻¹ año⁻¹ al cortar entre 35 y 90 días después del rebrote; Villanueva et al. (2004) reportaron 18,5 a 29,5 t ha⁻¹ año⁻¹ en etapas tempranas y de madurez total; y De Araújo et al. (1994) mostraron que la altura y el intervalo de corte afectan significativamente la acumulación de forraje y la eficiencia productiva, evidenciando la influencia del manejo agronómico sobre la productividad forrajera de la especie.

El manejo agronómico es determinante para maximizar la productividad y calidad de las especies forrajeras, ya que optimiza la intercepción luminosa, la eficiencia fotosintética y la recuperación fisiológica de la planta, traducándose en mayor producción de forraje de alta calidad y en la persistencia del cultivo. La

producción de forraje de *Clitoria* en monocultivo depende principalmente de la interacción entre el arreglo espacial, el manejo de corte y el intervalo de corte. Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la distancia entre surcos, la altura de corte y el intervalo de corte sobre el crecimiento y la producción de forraje de *C. ternatea* L. en condiciones tropicales de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se utilizó semilla de *C. ternatea* L. (var. Tehuana[®]; PAPALOTLA S.A. de C.V., México; lote 01-2021), con 98% de pureza física, 80% de viabilidad (prueba de tetrazolio) y 77% de vigor (germinación estándar). Previo a la siembra, la semilla fue sometida a escarificación mecánica ligera para favorecer la uniformidad de germinación, debido a la dureza de la testa.

Ubicación del sitio experimental

El experimento se llevó a cabo en el Centro de Desarrollo Tecnológico "Tantakin", ubicado en el municipio de Tzucacab, Yucatán, México, a 36 msnm, dentro del intervalo geográfico 19° 38'–20° 09' LN y 88° 59'–89° 14' LO. El clima de la región es cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw), de acuerdo con la clasificación de Köppen (García, 2004). Durante el periodo experimental, las temperaturas fueron monitoreadas en la

estación meteorológica del Centro Tecnológico de "Tantakin". La temperatura máxima osciló entre 32,4 y 33,7 °C y la mínima entre 17,1 y 19,5 °C. La precipitación acumulada fue de 655,9 mm (Fig. 1).

El suelo del sitio experimental es franco arcilloso de origen calcáreo, con pH ligeramente alcalino (7,2). Presenta 45% de arcilla, 41% de arena y 14% de limo, lo que confiere drenaje moderado y adecuada retención de humedad. El análisis químico indicó contenidos de N-NO₃ de 20,8 ppm, P-PO₄ de 4,0 ppm y S-SO₄²⁻ de 3,3 ppm; bases intercambiables de Na (1,5), K (1,6), Ca (17,2) y Mg (5,5) meq 100 g⁻¹, así como concentraciones en ppm de Fe (11,2), Zn (2,1), Cu (2,5), Mn (6,4) y B (0,4).

Diseño experimental

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 2 × 2. Se evaluaron dos factores: altura de corte (5 y 10 cm) y distancia entre surcos (60 y 80 cm), generando cuatro tratamientos: T1 (5 cm, 80 cm), T2 (10 cm, 80 cm), T3 (5 cm, 60 cm) y T4 (10 cm, 60 cm). Cada tratamiento contó con tres repeticiones, para un total de 12 unidades experimentales. La unidad experimental consistió en un surco de 55 m de longitud por 1.20 m de ancho. Cada surco se subdividió en 11 secciones de 5 m lineales, asignando una sección por fecha de evaluación, donde se realizó muestreo destructivo. El área útil de cosecha se definió como la porción central

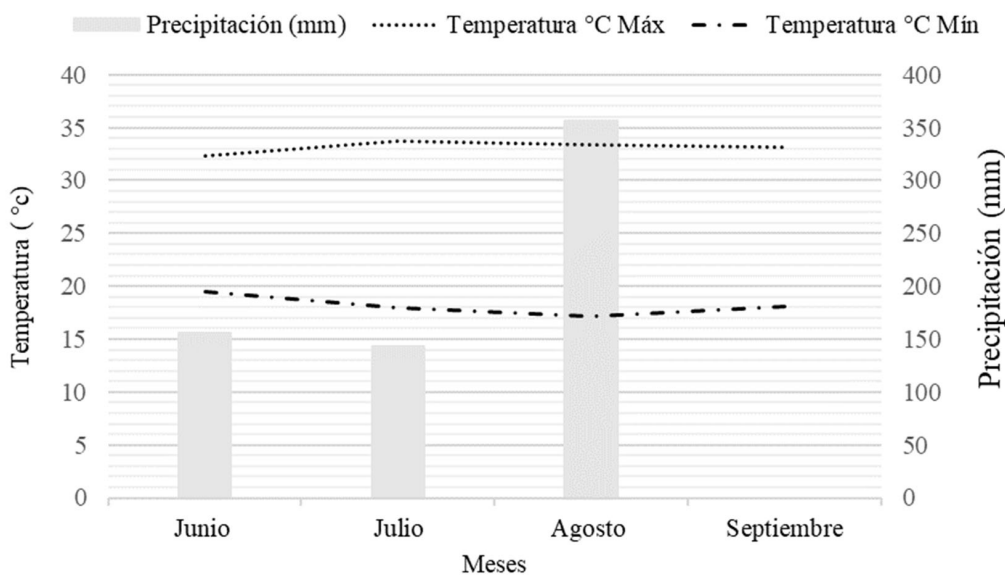


Fig. 1. Condiciones ambientales durante el periodo experimental en el Centro de Desarrollo Tecnológico "Tantakin", Yucatán, México.

Fig. 1. Environmental conditions during the experimental period at the "Tantakin" Technological Development Center, Yucatán, Mexico.

de cada sección, excluyendo plantas de los extremos. En cada sección tras eliminar bordes, se seleccionaron 20 plantas al azar.

Manejo agronómico

La preparación del terreno incluyó barbecho, rastreo y nivelación para conformar una cama de siembra uniforme. La siembra se realizó el 12 de febrero de 2021 mediante siembra directa en surcos, utilizando sembradora de precisión, con una profundidad de 1,0 a 1,5 cm. La densidad de siembra fue de 20 kg ha⁻¹. Previo a la siembra, las parcelas fueron inoculadas con hongos micorrízicos arbusculares a una dosis de 15 kg ha⁻¹, aplicados al suelo. Así mismo, se aplicaron bacterias benéficas mediante aspersión en una concentración de 380 g en 200 L de agua, utilizando *Rhizobium etli* y a los 30 días después del establecimiento *Azospirillum brasilense*, con el objetivo de favorecer el crecimiento vegetal y la fijación biológica de nitrógeno. Se realizaron riegos de auxilio de acuerdo con las condiciones climáticas, con el fin de asegurar un establecimiento uniforme del cultivo.

El control de malezas se realizó de manera manual durante el desarrollo del cultivo. Previo a los muestreos se realizó un corte de uniformidad a la altura correspondiente a cada tratamiento. Los muestreos destructivos se efectuaron cada 8 días, en horario matutino, desde el inicio posterior al corte de uniformidad y hasta los 88 días después del corte de homogeneización (DDCH), correspondientes a 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56, 64, 72, 80 y 88 DDCH.

Variables evaluadas

Altura de la planta

Para la altura promedio de las plantas se utilizó una regla graduada de 100 cm de longitud y 1 mm de precisión la cual se colocó aleatoriamente en cada parcela, de forma que la parte inferior de la regla graduada (0 cm) quedará a nivel de suelo. Posteriormente, un dispositivo con el que cuenta la regla se acomodó de manera vertical arriba del dosel vegetal y se deslizó hacia abajo, hasta que tocó algún componente morfológico y registrando la altura de cinco mediciones (Haultain et al., 2014; Ventura-Ríos et al., 2022).

Radiación interceptada

Un día previo a cada corte, se tomaron al azar cinco lecturas de radiación por repetición con el método del metro de madera (Adams y Arkin, 1977; Ventura-Ríos et al., 2022) en cada unidad experimental. Las lecturas se realizaron aproximadamente a las 13:00 h (es el mejor tiempo para medir la cobertura en el dosel, porque a esta

hora, el ángulo solar es alto y la intercepción de la luz cambia al mínimo). El procedimiento consistió en colocar la regla en la superficie del suelo (debajo del dosel), con orientación sur-norte, e inmediatamente después, se contaron los centímetros sombreados, los cuales representaron el porcentaje de radiación interceptada por el dosel vegetal.

Tasa de crecimiento del cultivo

Con los datos de rendimiento de forraje por corte se calculó la tasa de crecimiento del cultivo al dividir la cantidad de crecimiento de forraje cosechado semanalmente entre el tiempo transcurrido. Mediante la siguiente fórmula: $TCC=R/T$. Donde: TCC= tasa de crecimiento del cultivo promedio estacional (kg MS ha⁻¹ d⁻¹) R = rendimiento estacional (kg MS ha⁻¹) y T = días transcurridos en cada corte (Hunt, 1990).

Producción de forraje

Se estimó por unidad de superficie para cada frecuencia de corte. En cada surco se cosechó la planta completa, dejando un remanente de 5 o 10 cm según el tratamiento. La biomasa se pesó inmediatamente para determinar el peso fresco; posteriormente, una submuestra representativa se deshidrató en estufa de convección forzada a 55 °C hasta peso constante para obtener el peso de materia seca (MS). El porcentaje de MS se calculó como la relación entre el peso seco y el peso fresco × 100.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) utilizando el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc., 2022). El modelo estadístico incluyó como efectos fijos la distancia entre surcos, la altura de corte y los días después del corte de homogeneización (DDCH), así como sus interacciones. Los bloques se consideraron como un efecto aleatorio de control de la variación experimental. El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + b_l + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde: Y_{ijkl} = variable respuesta; μ = efecto de la media general; b_l = efecto de los bloques; α_i = efecto del i -ésimo factor distancia entre surcos; β_j = efecto del j -ésimo factor altura de corte; γ_k = efecto del k -ésimo factor días después del corte de homogeneización; $\alpha\beta_{ij}$ = efecto de la interacción distancias entre surcos y altura de corte; $\alpha\gamma_{jk}$ = efecto de la interacción distancia entre surcos y días después del corte de homogeneización; $\beta\gamma_{jk}$ =

efecto de la interacción altura de corte y días después del corte de homogenización; $\alpha\beta\gamma_{ijk}$ = efecto de la triple interacción de distancia entre surcos, altura de corte y días después del corte de homogenización; ϵ_{ijkl} = efecto del error experimental. Cuando se detectaron diferencias significativas, las medias se compararon mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$), para evaluar la separación de medias entre niveles de los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Componentes de producción de forraje

La distancia entre surcos (DS) mostró diferencias significativas ($p \leq 0,01$; Tabla 1) en todas las variables evaluadas, debido al espaciamiento asignado a los tratamientos de 60 y 80 cm. Por la dificultad del establecimiento del cultivo, hábito de crecimiento, método de siembra al voleo y la persistencia de la planta en la pradera, el cultivo de Clitoria ha sido poco estudiada y no hay información científica que evidencie la evaluación de este factor. En este contexto, Borghi et al. (2012) y Muglia et al. (2025) mencionan que el espaciamiento entre surcos entre gramíneas y leguminosas (Shi et al., 2025) influye en la radiación interceptada y en la dinámica de crecimiento del cultivo, afectando la producción de forraje. No obstante, la respuesta

al espaciamiento entre surcos puede variar en función de la densidad de siembra, el genotipo y las condiciones ambientales.

La altura de corte (AC) mostró diferencias significativas ($p \leq 0,01$) en la altura de planta y la radiación interceptada (Tabla 1), lo cual se atribuye a los cortes efectuados en la planta a 5 y 10 cm, lo que sugiere que la competencia por la luz y la dinámica del dosel desempeñan un papel central en el crecimiento del cultivo (Murchie y Burgess, 2022). Por otro lado, la tasa de crecimiento y la producción de forraje no mostraron diferencias significativas en este factor. Al respecto, De Araujo et al. (1994) obtuvieron resultados similares en Clitoria y mencionan que este comportamiento puede relacionarse con la capacidad de rebrote, ya que *C. ternatea* L. cuenta con yemas axilares en la base del tallo, que son estructuras fundamentales para la supervivencia y el rebrote en la planta. En este contexto, Clitoria al igual que otras leguminosas presenta raíz pivotante, que sirven como almacenamiento de reservas de carbohidratos que le permiten a la planta una rápida recuperación de rebrote después la defoliación o corte (De Araujo et al., 1994; Putnam y Orloff, 2014).

Los días después del corte de homogenización (DDCH) mostraron diferencias significativas ($p \leq 0,01$) en todas las variables evaluadas. Debido a que el muestreo fue destructivo en cada

Tabla 1. Cuadrados medios del análisis de varianza de componentes de producción de forraje de *C. ternatea* L., evaluados en diferente distancia de surco, altura de corte y días después del corte de homogeneización (DDCH) en condiciones de trópico.

Table 1. Mean squares of the analysis of variance of forage production components of *C. ternatea* L., evaluated at different row spacings, cutting heights, and days after homogenization cut (DDCH) under tropical conditions.

F.V	g.l	AP		RI		TCC		PF	
BLK	2	211,6	**	7,4		1,3		89133,0	
DS	1	3044,6	**	314,6	**	134,4	**	26939785,1	**
AC	1	923,6	**	153,0	**	0,0		168799,0	
DDCH	10	11087,8	**	6298,5	**	96,6	**	15190254,9	**
DS*AC	1	85,4		72,2	*	1,8		960584,7	*
DDCH*DS	10	177,3	**	95,8	**	5,2	*	1194597,8	**
DDCH*AC	10	81,7	**	44,7	**	5,3	*	364658,6	*
DDCH*DS*AC	10	46,5		20,8		2,9		232272,1	
Error	74	24,4		14,7		2,2		152239,0	
Total	119								
CV(%)		6,8		8,4		28,1		26,6	

*, ** = Significativo al 0,05 y 0,01 niveles de probabilidad, respectivamente; F.V = Fuentes de variación; BLK= Bloques; DS= Distancia entre surco (cm); AC= Altura de corte (cm); DDCH= Días después del corte de homogenización; CV = Coeficiente de variación; g.l= Grados de libertad; AP= Altura de planta (cm); RI= Radiación interceptada (%); TCC= Tasa de crecimiento del cultivo ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$); PF= Producción de forraje (kg de MS ha^{-1}).

intervalo de DDCH, los resultados corresponden a comparaciones entre unidades experimentales independientes, por lo que no deben interpretarse como una evaluación directa de la capacidad de rebrote, pero sí como un indicador del desarrollo fenológico del cultivo a través del tiempo. De Araujo et al. (1994), mencionan que el intervalo de corte en *C. ternatea* L. es determinante en la producción de forraje, ya que a mayor tiempo de crecimiento se incrementa la materia seca; sin embargo, este aumento se estabiliza con la madurez del cultivo. Además, señalan que intervalos más largos pueden mejorar el rendimiento, pero la composición química de la planta puede modificarse, afectando la calidad del forraje particularmente el contenido de proteína cruda, ya que a medida que la planta avanza en su madurez fisiológica, se incrementa el contenido de la fibra detergente neutra, particularmente el contenido de lignina, reduciendo la digestibilidad del forraje.

Altura de planta

La altura de planta aumentó progresivamente conforme avanzaron los DDCH, alcanzando los valores máximos entre los 80 (105 cm) y 88 (110 cm) días, particularmente, en la distancia entre surcos a 80 cm y altura de corte a 10 cm (Tabla 2; $p \leq 0,05$), lo que sugiere que una mayor área

disponible por planta y un remanente más alto, favorecen la capacidad de rebrote y elongación del tallo. Independientemente del tratamiento, la altura de la planta refleja un patrón típico de crecimiento vegetativo.

Al respecto, Rojas et al. (2016) reportaron valores de 27, 49, 57 y 61 cm en alfalfa (*Medicago sativa* L.), alcanzando la mayor altura en el verano, sin embargo, los estudios en la planta de Clitoria son limitados y además esta planta tiene un hábito de crecimiento trepador o rastrero, lo que limita su medición (De Araujo et al., 1994). La combinación adecuada de espaciamiento y altura de corte modula la dinámica de crecimiento y la recuperación del cultivo tras el corte (Philadelphí et al., 2025), lo que permite una mayor asimilación de energía en la planta, y favorece la fotosíntesis, incrementando la producción de biomasa.

Radiación interceptada

La radiación interceptada aumentó conforme avanzó la edad de rebrote ($p \leq 0,05$), alcanzando los valores más altos en etapas tardías, entre los 80 (76 cm) y 88 (83 cm) DDCH, particularmente, en la distancia entre surcos de 80 cm y altura de corte a 10 cm sobre el nivel del suelo, lo que refleja el cierre gradual del dosel y una mayor capacidad de intercepción luminosa (Tabla 3; $p \leq 0,05$).

El crecimiento y desarrollo de las hojas son

Tabla 2. Altura de planta de *C. ternatea* L., evaluados en diferente distancia de surco, altura de corte y días después del corte de homogeneización (DDCH) en condiciones de trópico.

Table 2. Plant height of *C. ternatea* L., evaluated at different row spacings, cutting heights, and days after homogenization cut (DDCH) under tropical conditions.

DDCH	Distancia en surco (cm)				Media
	80		60		
	Altura de corte (cm)				
	5	10	5	10	
8	6,9 eB ^l	10,9 eA	5,8 fC	11,2 gA	8,7
16	22,7 dB	40,8 dA	19,5 eC	23,4 fB	26,6
24	46,6 cB	75,4 cA	33,9 dC	44,1 eB	50,0
32	90,2 bB	97,6 bA	65,3 cC	64,9 dC	79,5
40	91,2 bAB	97,9 bA	84,5 bBC	80,9 cC	88,6
48	98,9 abA	97,8 bA	84,8 bB	89,8 bAB	92,8
56	97,3 abAB	100,9 abA	84,9 bC	92,1 bB	93,8
64	97,8 abA	98,7 bA	89,8 abB	92,4 bAB	94,7
72	97,5 abAB	100,3 bA	89,7 abB	94,8 bAB	95,5
80	97,8 abAB	105,4 abA	90,9 abB	93,9 bB	96,9
88	103,9 aAB	110,7 aA	95,5 aB	102,8 aAB	103,1
Media	72,4	80,6	67,7	71,8	

^l=Diferente literal minúscula en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey $\alpha=0,05$); ^B=Diferente literal mayúscula en la misma hilera indica diferencias significativas (Tukey $\alpha=0,05$); DDCH= Días después del corte de homogeneización.

Tabla 3. Radiación interceptada de *C. ternatea* L., evaluados en diferente distancia de surco, altura de corte y días después del corte de homogeneización (DDCH) en condiciones de trópico.**Table 3. Intercepted radiation of *C. ternatea* L., evaluated at different row spacings, cutting heights, and days after homogenization cut (DDCH) under tropical conditions.**

DDCH	Distancia entre surco				Media
	80		60		
	Altura de corte				
	5	10	5	10	
8	3,9 i ¹ C ¹	6,0 hA	2,9 hD	5,0 hB	4,5
16	13,4 hB	16,7 gA	9,2 gC	14,5 gB	13,5
24	27,1 gB	31,0 fA	21,1 fC	29,2 fAB	27,1
32	36,9 fB	40,5 eA	32,3 eC	32,0 efC	35,4
40	43,0 eA	41,9 eA	45,5 dA	34,3 eB	41,2
48	52,2 dAB	53,8 dA	46,7 dC	48,8 dBC	50,4
56	62,1 cB	70,5 cA	59,2 cBC	54,5 cC	61,6
64	67,4 cbA	70,5 cA	60,9 cB	57,5 cB	64,1
72	70,0 bA	71,5 cbA	58,6 cA	69,7 abB	65,8
80	76,0 aA	76,0 aA	66,3 bB	67,0 bB	69,0
88	77,4 aB	83,0 aA	74,4 aB	73,3 aB	75,4
Media	42,0	45,3	43,3	44,1	

¹=Diferente literal minúscula en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey $\alpha=0,05$); ²=Diferente literal mayúscula en la misma hileras indica diferencias significativas (Tukey $\alpha=0,05$); DDCH= Días después del corte de homogeneización.

clave para la intercepción de la radiación solar, ya que permiten cubrir los requerimientos de mantenimiento de la planta, promover el crecimiento de nuevos órganos y favorecer la acumulación de carbohidratos de reserva en la base de los tallos (Rayburn y Griggs, 2020). En este sentido, el manejo del forraje, particularmente el arreglo de siembra y la altura de corte, es determinante para lograr una defoliación eficiente sin comprometer la capacidad de rebrote, optimizando la producción vegetal y animal (Rojas et al., 2016). En la presente investigación, la distancia entre surcos combinada con alturas de corte de 5 y 10 cm no favoreció el desarrollo del cultivo, al reducir la intercepción de radiación y la tasa de crecimiento, lo que afectó negativamente la producción de forraje. Ríos-Hilarario et al. (2022) al evaluar *C. juncea* en diferentes densidades de siembra obtuvieron la mayor radiación interceptada en la densidad de 400,000 plantas ha⁻¹ con 95% de radiación a los 74 días de crecimiento.

Tasa de crecimiento del cultivo

La tasa de crecimiento aumentó conforme avanzó la edad fenológica de la planta, presentando los valores más bajos en las etapas tempranas (Tabla 4; $p \leq 0,05$). Este incremento se asoció al aumento del área foliar y a una mayor

intercepción de radiación, lo que favoreció la elongación de tallos y el aumento de la altura de planta. Así mismo, factores como la calidad de la luz interceptada por el dosel, la temperatura y la disponibilidad de agua y nutrientes influyeron de manera conjunta en la eficiencia fotosintética y en la dinámica de crecimiento del cultivo (Ma et al., 2025; Gusmão et al., 2020).

Algunos estudios realizados en México en el cultivo de alfalfa, Montes et al. (2016), reportaron una mayor tasa de crecimiento a 35 días de rebrote ($p < 0,05$), en las estaciones de primavera-invierno (68 a 70 kg de MS ha⁻¹ d⁻¹) y menor desempeño para verano-otoño (51 a 47 kg de MS ha⁻¹ d⁻¹), respectivamente. En la presente investigación, la tasa de crecimiento es menor para el cultivo de *Clitoria* comparada con alfalfa, no obstante, se ha documentado que cortando la planta cada 45 días se pueden alcanzar rendimientos de 3200 kg de MS ha⁻¹ (Mahala et al., 2012). Por su parte, Maldonado-Peralta et al. (2022) al evaluar *C. juncea* en diferentes densidades de siembra obtuvieron la mayor tasa de crecimiento en la densidad de 400,000 plantas ha⁻¹ con 577 kg de MS ha⁻¹ d⁻¹ y a los 74 días de crecimiento.

Producción de forraje

La producción de forraje se incrementó linealmente a medida que la planta avanzó en

Tabla 4. Tasa de crecimiento del cultivo de *C. ternatea* L., evaluados en diferente distancia de surco, altura de corte y días después del corte de homogeneización (DDCH) en condiciones de trópico.

Table 4. Crop growth rate of *C. ternatea* L., evaluated at different row spacings, cutting heights, and days after homogenization cut (DDCH) under tropical conditions.

DDCH	Distancia en surco (cm)				Media
	80		60		
	Altura de corte (cm)				
	5	10	5	10	
8	0,1 d ¹ A ¹	0,1 cA	0,2 eA	0,1 gA	0,1
16	1,5 cdB	3,3 bcA	0,7 deB	1,0 fgB	1,6
24	2,1 dcAB	5,5 abcA	1,2 cdeB	1,8 fgAB	2,6
32	5,1 dcB	6,7 abA	2,3 bcdeD	3,4 defC	4,4
40	8,2 abA	7,9 abA	4,5 abcdeA	3,9 deA	6,1
48	7,5 abcA	7,9 abA	5,2 abcdAB	3,7 deB	6,1
56	11,4 aA	8,3 abAB	5,5 abcdB	5,3 cdB	7,6
64	10,9 abA	7,6 abA	7,1 abA	5,5 cdA	7,8
72	11,2 aA	11,6 aA	8,6 aA	11,4 aA	7,7
80	11,1 aA	9,0 abA	7,2 abA	6,7 bcA	7,7
88	8,4 abA	6,6 abcA	6,0 abcA	8,4 bA	7,3
Media	6,3		6,9	4,4	4,6

¹=Diferente literal minúscula en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey $\alpha=0,05$); ²=Diferente literal mayúscula en la misma hileras indica diferencias significativas (Tukey $\alpha=0,05$); DDCH= Días después del corte de homogeneización.

su madurez fisiológica, la mayor producción de forraje se encontró entre los 80 (4.950 kg de MS ha⁻¹) y 88 (4.099 kg de MS ha⁻¹) DDCH, particularmente, en la distancia entre surcos de 80 cm y altura de corte a 5 cm sobre el nivel del suelo (Tabla 5; $p \leq 0,05$). La distancia entre surcos influyó de manera significativa en la producción de forraje, observándose mayores rendimientos en el espaciado de 80 cm en comparación con 60 cm, particularmente a partir de los 56 DDCH.

C. ternatea L., se ha cultivado desde hace muchos años como una fuente de forraje, sin embargo, los estudios para evaluar su rendimiento aún son limitados. Abdelhamid y Gabr (1993), reportaron 3,47 t ha⁻¹ en los primeros cortes, lo cual es inferior al rendimiento de materia seca observado en el arreglo topológico de 80 cm de distancia entre surco y alturas de 5 y 10 cm, quienes mostraron rendimientos superiores a 4.000 kg de MS ha⁻¹ después de 72 DDCH. Por otro lado, Barro y Ribeiro (1983) reportaron 2.127 kg de MS ha⁻¹ cuando la planta fue cortada a 42 días y 6.869 kg de MS ha⁻¹ a 84 días a una altura de 51 cm y 79 cm sobre el nivel del suelo, respectivamente. Por su parte, Ríos-Hilario et al. (2022) al evaluar *C. juncea* en diferentes densidades de siembra obtuvieron la mayor producción de forraje en la densidad de

400.000 plantas ha⁻¹ con 19.837 kg de MS ha⁻¹ y el menor cuando se tiene una densidad de siembra de 100.000 plantas ha⁻¹ con 4.074 kg de MS ha⁻¹ consignando que entre mayor densidad mayor producción de forraje como en esta investigación.

CONCLUSIONES

Los componentes de producción de forraje indicaron que la distancia entre surcos influye directamente sobre la altura de planta, radiación interceptada, tasa de crecimiento del cultivo y la producción de forraje ($p < 0,01$). La altura de corte, no afectó a la tasa de crecimiento del cultivo y producción de forraje, pero sí modificó ($p < 0,01$) la altura de planta y radiación interceptada.

La producción de forraje aumentó linealmente a medida que la planta avanzó en su edad fenológica, alcanzando una producción de 4950 kg ha⁻¹ a los 80 DDCH en el arreglo espacial de 80 cm de distancia entre surcos y altura de corte de 5 cm.

Se requieren futuros estudios para evaluar el establecimiento del cultivo y la capacidad de rebrote, ya que *C. ternatea* L., promete ser una opción de rendimiento y calidad nutricional para los rumiantes y herbívoros de zonas tropicales.

Tabla 5. Producción de forraje de *C. ternatea* L., evaluados en diferente distancia de surco, altura de corte y días después del corte de homogeneización (DDCH) en condiciones de trópico.

Table 5. Forage production of *C. ternatea* L., evaluated at different row spacings, cutting heights, and days after homogenization cut (DDCH) under tropical conditions.

DDCH	Distancia en surco (cm)				Media
	80		60		
	Altura de corte (cm)				
	5	10	5	10	
8	5,7 c ¹ A ¹	4,1 fA	5,3 eA	3,4 fA	4,6
16	133,9 cB	292,2 fA	46,1 deB	68,6 fB	135,2
24	278,7 cAB	731,3 efA	121,1 deB	178,6 fB	327,4
32	900,0 bcB	1189,8 defA	310,7 deC	448,4 efC	712,2
40	1813,6 bA	1751,6 cdefA	758,3 cdeAB	649,6 defB	1243,3
48	1996,6 bA	2122,6 cdeA	815,4 cdeB	883,3 cdeB	1454,5
56	3546,3 aA	2588,0 bcdAB	1291,1 bcdB	1244,7 cdB	2167,5
64	3902,5 aA	2718,5 bcdAB	1895,1 abcB	1475,5 cB	2497,9
72	4476,1 aA	4501,7 aA	2592,5 aA	3414,9 aA	3375,0
80	4950,7 aA	3978,1 abAB	2393,9 abB	2221,0 bB	2846,7
88	4099,9 aA	3221,3 abcAB	2207,2 abB	3078,5 aAB	2897,3
Media	1898,4	1699,8	1130,6	1242,4	

¹=Diferente literal minúscula en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey $\alpha=0,05$);

¹=Diferente literal mayúscula en la misma hileras indica diferencias significativas (Tukey $\alpha=0,05$);

DDCH= Días después del corte de homogeneización.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección de Investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por el apoyo otorgado y al personal del Centro de Desarrollo Tecnológico Tantakin, Yucatán, México, por el apoyo y facilidades otorgadas durante el proyecto de investigación.

Contribución de autores

Participación activa en la revisión bibliográfica: Joel Ventura Ríos, Mario Alberto Santiago Ortega y Perpetuo Álvarez Vázquez; Participación activa en el desarrollo de la metodología: Joel Ventura Ríos, Mario Alberto Santiago Ortega, Delia Margarita Olvera Aguilar; Participación en la discusión de los resultados: Joel Ventura Ríos, Delia Margarita Olvera Aguilar, Hermes Pérez Hernández y Adelaido Rafael Rojas García; Revisión y aprobación de la versión final del artículo: Joel Ventura Ríos, Mario Alberto Santiago Ortega, Delia Margarita Olvera Aguilar y Adelaido Rafael Rojas García

LITERATURA CITADA

- Adams, J.E. and G.F. Arkin. 1977. A light interception method for measuring row crop ground cover. *Soil Science of America Journal* 41(4):789-792. <https://doi.org/10.2136/sssaj1977.03615995004100040037x>
- Abdelhamid, A.M. and A.A. Gabr. 1993. The evaluation of new sources of fodder (*Clitoria* and *Phillipesara*) under Egyptian conditions. *Archives of Animal Nutrition* 44(1):85-93. <https://doi.org/10.1080/17450399309386060>
- Abreu, M.L.C., R.A.M. Vieira, N.S. Rocha, R.P. Araujo, L.S. Glória, A.M. Fernandes, P.D. de Lacerda, and A.G. Júnior. 2014. *Clitoria ternatea* L. as a potential high quality forage legume. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 27(2):169-178. <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13343>
- Alatorre-Hernández, A., J.D. Guerrero-Rodríguez, J.I. Olvera-Hernández, E. Aceves-Ruiz y H. Vaquera-Huerta, H. 2018. Leguminosas forrajeras herbáceas de enredadera, recursos poco valorados en el trópico seco. *Revista Fitotecnia Mexicana* 41(4):403-411. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.4.403-411>

- Barro, C. and A. Ribeiro. 1983. The study of *Clitoria ternatea* L. hay as a forage alternative in tropical countries. Evolution of the chemical composition at four different growth stages. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 34(8):780-782. <https://doi.org/10.1002/jfsa.2740340803>
- Bishoyi, A. K. and K.A. Geetha. 2012. Polymorphism in flower colour and petal type in Aparajita (*Clitoria ternatea*). *Open Access Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 3(2):12-14.
- Borghini, E., C.A.C. Crusciol, A.S. Nascente, G.P. Mateus, P.O. Martins and C. Costa. 2012. Effects of row spacing and intercrop on maize grain yield and forage production of palisade grass. *Crop and Pasture Science* 63(11-12):1106-1113. <https://doi.org/10.1071/CP12344>
- De Araujo, F.J.A., J.A. Gadelha, N.M. Da Silva and R.M.A. Pereira. 1994. Effects of the height and interval of cutting on forage production of cunhã (*Clitoria ternatea* L.). *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 29(6):979-982. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab1994.v29.4140>
- De Souza, E. S., H.A. Burity, J.P. Oliveira, M.V.B. Figueiredo and M.C.C.P. De Lyra. 1996. Fixação de N₂ e crescimento do Calopogônio (*Calopogonium mucunoides* desv.) e da Cunhã (*Clitoria ternatea* L.), após sucessivos cortes. *Revista Brasileira de Zootecnia* 25(6):1036-1048.
- Ezzudin, M. and M.S. Rabeta. 2018. A potential of Telang tree (*Clitoria ternatea*) in human health. *Food Research* 2(5):415-420. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.2\(5\).073](https://doi.org/10.26656/fr.2017.2(5).073)
- García-Ferrer, L., E.D. Bolaños-Aguilar, L.C. Lagunes-Espinoza, J. Ramos-Juárez y M.M. Osorio-Arce. 2016. Concentración de compuestos fenólicos en fabáceas forrajeras tropicales en edad diferente del rebrote. *Agrociencia* 50(4):429-440.
- García, E. 2004. Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4^a ed. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México. <https://publicaciones.geografia.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/83>
- Gusmão, F.J.D., D.D. Fries, B.M.L. Souza, J.L. Fagundes, A.A. Backes, D.L.S. Dias, S.S.C. Pinheiro and F.A.Teixeira. 2020. Growth dynamics and senescence of digit grass as a response to several canopy heights. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 11(1):38-52. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4913>
- Haultain, J., K. Wigley and J.M. Lee. 2014. Rising plate meters and a capacitance probe estimate the biomass of chicory and plantain monocultures with similar accuracy as for ryegrass-based pasture. *Journal of New Zealand Grasslands* 76:67-74. <https://doi.org/10.33584/jnrg.2014.76.2962>
- Huang, Q., X. Liu, G. Zhao, T. Hu, and Y. Wang. 2018. Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. *Animal Nutrition* 4(2): 137-150. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.09.004>
- Hunt, R. 1990. Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners. 1st ed. Springer. London, UK.
- Ma, H., P. Jiang, X. Zhang, R. Liu, Q. Sun and L. Wang. 2025. Regulation of alfalfa growth, water and nitrogen utilization and distribution in arid region of Northwest China by optimizing irrigation method. *Frontiers in Plant Science* 16:1517398. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1517398>
- Maldonado-Peralta, M. Á., J.J. Ríos-Hilario, A.R. Rojas-García, F.J. Hernández-Guzmán, A. Cruz-Hernández and S.A. Ortega-Acosta. 2022. Growth rate, leaf: stem ratio and height in crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) planted at different densities. *Agroproductividad* 15(7):95-101. <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i7.2317>
- Mahala, A. G., S.O. Amasiab, M.A. Yousif and A. Elsadig. 2012. Effect of plant age on DM yield and nutritive value of some leguminous plants (*Cyamopsis tetragonoloba*, *Lablab purpureus* and *Clitoria ternatea*). *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science* 2(12):502-508.
- Montes, C.F.J., R.C. Rivera, G.A. Benítez, S.S. Torres and M.M.S. Oba. 2016. Seasonal aerial biomass accumulation of native lucerne (*Medicago sativa* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 7(4):539-552. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v7i4.4281>
- Muglia, G.R.P., M.A.P.O. Junior, I.P.O. Amaral, M. Retore, G. Ceccon, A.C.A. Orrico, P.H.F. Silva and Y.A. da Silva. 2025. Effects of row spacing and tropical grass intercropping on biomass sorghum yield and silage quality. *Crops* 5(6):86. <https://doi.org/10.3390/crops5060086>
- Murchie, H.E. and J.A. Burgess. 2022. Casting light on the architecture of crop yield. *Crop and Environment* 1(1):74-85. <https://doi.org/10.1016/j.crope.2022.03.009>

- Oguis, K.G., E.K. Gilding, M.A. Jackson and D.J. Craik. 2019. Butterfly pea (*Clitoria ternatea*), a cyclotide-bearing plant with applications in agriculture and medicine. *Frontiers in Plant Science* 10:645. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00645>
- Philadelphi, S.M., C.S. Malisch, J. Eriksen and P. Högy. 2025. Grasses, legumes and forbs respond differently to compound drought-heatwave events during establishment. *Plant and Soil* 509(1-2):1-16. <https://doi.org/10.1007/s11104-025-07440-4>
- Putnam, D.H. and S.B. Orloff. 2014. Forage crops. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems* 3:381-405. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00142-X>
- Rayburn, E.B. and T. C. Griggs. 2020. Light interception and the growth of pastures under ideal and stressful growing conditions on the Allegheny plateau. *Plants* 9(6):734. <https://doi.org/10.3390/plants9060734>
- Ríos-Hilario, J.J., M.A. Maldonado-Peralta, A.R. Rojas-García, E. Hernández-Castro, J.E. Sabino-López and H. Segura-Pacheco. 2022. Yield, intercepted radiation and morphology of crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) at different densities. *Agroproductividad* 15(7):177-185. <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i7.2316>
- Rojas, G.A.R., A.H. Garay, S.J. Cansino, M.A.M. Peralta, S.I.M. Pedroza, P.A. Vázquez, B.M.J. Torres. 2016. Productive behavior of five alfalfa varieties. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(8):1855-1866. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i8.97>
- SAS, Institute. 2022. SAS/STAT User's Guide. Release 9.3. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Shirodkar, S.M., R.R. Multisona and A. Gramza-Michalowska. 2023. The potential for the implementation of pea flower (*Clitoria ternatea*) health properties in food matrix. *Applied Sciences* 13(12):7141. <https://doi.org/10.3390/app13127141>
- Shi, J., N. Xie, L. Zhang, X. Pan, Y. Wang, Z. Liu, Z. Liu, J. Zhi, W. Qin, W. Feng, G. Sun and H. Yu. 2025. Optimizing row spacing and seeding rate for yield and quality of alfalfa in saline-alkali soils. *Agronomy* 15(8):1828. <https://doi.org/10.3390/agronomy15081828>
- Sosa-Montes, E., J.I. Alejos-de la Fuente, A. Pro-Martínez, A. González-Cerón, J. F. Enríquez-Quiroz and M.G. Torres-Cardona. 2020. Chemical composition and digestibility of four Mexican tropical legumes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11(24):211-220. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2371>
- Villanueva, A.J.F., C.J.A. Bonilla, C.J.V. Rubio y G.J.J. Bustamante. 2004. Agrotecnia y utilización de *Clitoria ternatea* en sistemas de producción de carne y leche. *Técnica Pecuaria en México* 42(1):79-96.
- Ventura-Ríos, J., M.A. Maldonado-Peralta, A. Cruz-Hernández, S. Joaquín-Cansino and A.R. Rojas-García. 2022. Growth analysis of white clover (*Trifolium repens* L.) and indirect methods to estimate its forage yield. *Agrociencia* 56(3):469-491. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v56i3.2799>