

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**Rendimiento de materia seca de *Lotus corniculatus* L., a diferentes frecuencias
e intensidades de corte en verano**

Por:

MAITE GÓMEZ HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, marzo de 2023.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Rendimiento de materia seca de *Lotus corniculatus* L., a diferentes frecuencias e intensidades de corte en verano

POR:

Maite Gómez Hernández

TESIS

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como
Requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobada por:



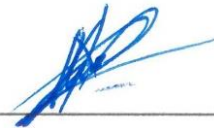
Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez
Asesor Principal



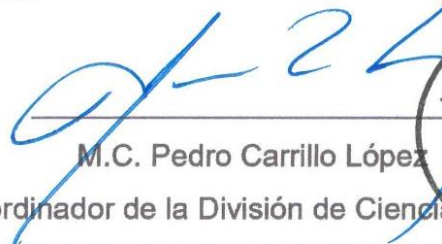
Dr. Juan A. Encina Domínguez
Coasesor



Dr. José Javier Ochoa Espinoza
Coasesor



Ing. Juan Alfredo Laureano Ortiz
Coasesor



M.C. Pedro Carrillo López
Coordinador de la División de Ciencia Animal
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Marzo 2023.



DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Saltillo, Coahuila, marzo de 2023.

DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado "**Rendimiento de materia seca de *Lotus corniculatus* L., a diferentes frecuencias e intensidades de corte en verano**" es una producción personal, donde no se ha copiado, replicado, utilizado ideas, citas integrales e ilustraciones diversas, obtenidas de cualquier tesis, obra intelectual, artículo, memoria. (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor.

En este sentido, lo anterior puede ser confirmado por el lector, estando consciente de que en caso de comprobarse plagio en el texto o que no se respetaron los derechos de autor, esto será objeto de sanciones del Comité Editorial y/o legales a las que haya lugar; quedando, por tanto, anulado el presente documento académico sin derecho a la aprobación de este, ni a un nuevo envío.

Maite Gómez Hernández



AGRADECIMIENTOS

El mayor agradeciendo es para Dios porque gracias a él y a todas sus bendiciones que derrama sobre mí y me ha permitido llegar hasta este momento, gracias mi dios por darme la vida, salud, entendimiento, por haberme regalado una familia extraordinaria que me apoyan y sobre todo confían en mí, gracias por haberme mandado un angelito en el transcurso de esta trayectoria por que junto con el me enviaste más motivos para seguir adelante.

A mi **familia**, hermosa a mi papa Palemón Gómez Hernández por ser ejemplo de valentía y coraje para salir adelante ante cualquier obstáculo, a mi madrecita Juana Hernández Hernández por regalarme palabras de aliento siempre que me sentía caer, a mis hermanas Lila y Aurora por ser mis compañeras de travesuras que me han enseñado el significado de hermandad y por un montón de cosas más, estoy eternamente agradecida por brindarme su confianza, cariño, y dinero que a lo largo de este tiempo han invertido en mí, y que no ha sido en balde los amo eternamente.

A mi **esposo**, Joel por llegar a mi vida y darle un giro de 360° a mi vida, por tu apoyo incondicional, por brindarme la oportunidad de ser madre, esposa y estudiante, por regalarme parte de tu tiempo para escucharme y seguirme dando ánimos cuando más lo necesito.

A mi **hijo** Axel Gabriel (mi chumino) gracias porque a pesar de todas las dificultades que hemos pasado tú mi ser tan pequeño me has enseñado a no rendirme y a ser mejor en todo lo que hago, gracias por regalarme el título de mamá.

A mis **abuelos** que ya no alcanzaron a verme lograr esta meta más en mi vida, gracias por quererme tanto los amos abrazo hasta el cielo.

A mi “**ALMA TERRA MATER**” por haberme abierto sus puertas y darme la oportunidad de realizarme profesionalmente, gracias porque gracias a ti encontré una nueva familia, por siempre te estaré eternamente agradecida.

Al **Dr. Perpetuo Alvares Vázquez**, por su tiempo y dedicación durante la carrera y como asesor de tesis, gracias por su paciencia, su interés y por compartir sus conocimientos conmigo.

A mis coasesores; Dr. Juan Antonio Encina Domínguez, Dr. José Javier Ochoa Espinoza y al Ing. Juan Alfredo Laureano Ortiz, por su tiempo y asesoría en este trabajo de investigación.

Al departamento de Recursos Naturales Renovables, por brindarme el espacio, las herramientas para la realización del proyecto.

A mis **amigos**, de escuela Ale, Magda, Edith, Monse, Magali, José. Por brindarme su amistad durante toda la carrera.

DEDICATORIA

A mis papas Palemón Gómez Hernández y Juana Hernández Hernández

Este trabajo de tesis se lo dedico a mis papas por todo su apoyo su confianza por su amor, trabajo y sacrificio realizado durante todos estos años, por ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Para mí es un orgullo y un privilegio de ser su hija, son los mejores padres. Los amo.

A mi esposo Joel e hijo Axel

A ti amor por acompañarme y ser mi pareja en este viaje de vida. Contigo aprendí que amar es algo más que la pasión, besos robados, ilusiones, cartas de amor o promesas. Amar es un sentimiento que solo llega con el tiempo, la dulzura de una relación, la confianza y la seguridad. Te amo.

También te la dedico para ti mi Axel Gabriel mi pedacito de cielo porque eres la historia más bonita que el destino escribió en mi vida por siempre te amo mi bebe.

A mis hermanas Lila y Aurora

Por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindamos a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS	2
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	2
1.2 HIPÓTESIS	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Descripción de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.)	3
2.1.1 Origen.....	3
2.1.2 Clasificación taxonómica	3
2.1.3 Descripción morfológica	4
2.2 Factores edáficos y climáticos que afectan el crecimiento y producción de forrajes	5
2.2.1 Acidez del suelo.....	5
2.2.2 Adaptación a suelos pobres	5
2.2.3 Humedad	6
2.2.4 Radiación solar e intercepción de luz	7
2.2.5 Temperatura	7
2.3. Manejo de la frecuencia e intensidad de cosecha en forrajes.....	8
2.4 Factores que afectan el rebrote de los forrajes perennes.....	9
2.4.1 Reserva de carbohidratos.....	10
2.4.3 Meristemos de crecimiento	11
2.5 Factores antinutricionales	11

2.6 <i>Lotus corniculatus</i> L., en la agronomía	13
2.7 Valor nutricional.....	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1 Localización y descripción del sitio experimental.....	15
3.2 Condiciones meteorológicas	15
3.3 Material genético.....	16
3.4 Tratamientos y diseño experimental	16
3.5 Manejo de las unidades experimentales	17
3.6 Variables evaluadas.....	17
3.6.1 Rendimiento de forraje	17
3.6.2 Composición morfológica	18
3.6.3 Relación hoja:tallo (R:H/T).....	18
3.6.4 Peso de hoja por tallo y peso de tallo individual	19
3.6.5 Altura de planta.....	19
3.7 Análisis estadístico	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
4.1 Rendimiento de forraje.....	21
4.2 Composición Morfológica.....	23
4.3 Relación hoja:tallo.....	28
4.4 Peso de hoja por tallo y peso de tallo individual	30
4.7 Altura de planta.....	32
V. CONCLUSIONES.....	34
VI. LITERATURA CITADA	35
VII. ANEXOS	44

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Medias quincenales máximas y mínimas de las temperaturas, y de la humedad (SensorBlue WS08 Smart Hygrometer Thermometer).16
- Figura 2.** Rendimiento de materia seca de *Lotus corniculatus* L., sometido a tres frecuencias de cosecha: CTE = Corte temprano (28 días), CME = Corte medio (35 días), CTA = Corte tardío (42 días) y tres intensidades de corte (3, 6 y 9 cm), en verano en condiciones de invernadero. Letras mayúsculas y minúsculas sobre las barras, dentro de cada IC comparan FC y componentes morfológicos, respectivamente (Tukey; $p < 0.05$).22
- Figura 3.** Composición morfológica (g MS planta⁻¹) de *Lotus corniculatus* L., a tres frecuencias de cosecha: CTE = Corte temprano (28 días), CME = Corte medio (35 días), CTA = Corte tardío (42 días) y tres intensidades de corte (3, 6 y 9 cm), en verano, en condiciones de invernadero. (MM = Material muerto). Letras mayúsculas y minúsculas sobre las barras, dentro de cada IC comparan FC y componentes morfológicos, respectivamente (Tukey; $p < 0.05$).26
- Figura 4.** Composición morfológica (%) de *Lotus corniculatus* L., a tres frecuencias de cosecha: corte. CTE = Corte temprano (28 días), CME = Corte medio (35 días), CTA = Corte tardío (42 días) y tres intensidades de corte (3, 6 y 9 cm), en verano, en condiciones de invernadero. MM = Material muerto. Letras mayúsculas y minúsculas sobre las barras, dentro de cada IC comparan FC y componentes morfológicos, respectivamente (Tukey; $p < 0.05$).27
- Figura 5.** Relación hoja-tallo (R:H/T) de *Lotus corniculatus* L., a tres frecuencias de cosecha: CTE = Corte temprano (28 días), CME = Corte medio (35 días), CTA = Corte tardío (42 días) y tres intensidades de corte (3, 6 y 9 cm), en verano, en condiciones de invernadero. Letras mayúsculas y minúsculas sobre las barras, dentro de cada IC comparan FC y componentes morfológicos, respectivamente (Tukey; $p < 0.05$).29

- Figura 6.** Peso seco de hoja (g MS hoja tallo⁻¹) de *Lotus corniculatus* L., sometido a tres frecuencias de cosecha: CTE = Corte temprano (28 días), CME = Corte medio (35 días), CTA = Corte tardío (42 días) y tres intensidades de corte (3, 6 y 9 cm), en verano, en condiciones de invernadero. Letras mayúsculas y minúsculas sobre las barras, dentro de cada IC comparan FC y componentes morfológicos, respectivamente (Tukey; p<0.05).31
- Figura 7.** Peso seco de tallo individual (g MS tallo⁻¹) de *Lotus corniculatus* L., sometido a tres frecuencias de cosecha: CTE = Corte temprano (28 días), CME = Corte medio (35 días), CTA = Corte tardío (42 días) y tres intensidades de corte (3, 6 y 9 cm), en verano, en condiciones de invernadero. Letras mayúsculas y minúsculas sobre las barras, dentro de cada IC comparan FC y componentes morfológicos, respectivamente (Tukey; p<0.05).32
- Figura 8.** Altura (cm) de *Lotus corniculatus*, sometido a tres frecuencias de cosecha: CTE = Corte temprano (28 días), CME = Corte medio (35 días), CTA = Corte tardío (42 días) y tres intensidades de corte (3, 6 y 9 cm), en verano, en condiciones de invernadero. Letras mayúsculas y minúsculas sobre las barras, dentro de cada IC comparan FC y componentes morfológicos, respectivamente (Tukey; p<0.05).33

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Clasificación taxonómica de <i>Lotus corniculatus</i> L.	3
Cuadro 2: Rendimiento nutritivo de <i>Lotus corniculatus</i> L., en las estaciones de primavera y verano	14
Cuadro 3. Rendimiento de materia seca (g MS planta ⁻¹) de <i>Lotus corniculatus</i> L., sometido a diferentes frecuencias de corte (FC) e intensidades de cortes (IC) en verano, en condiciones de invernadero.	44
Cuadro 4. Porcentajes de aportación de los componentes morfológicos al rendimiento de forraje de <i>Lotus corniculatus</i> L., a diferentes frecuencias de corte (FC) e intensidades de corte (IC) en verano en condiciones de invernadero, en el sureste de Coahuila, México.	45
Cuadro 5. Aportación de los componentes morfológicos (g MS ha ⁻¹) de <i>Lotus corniculatus</i> L., a diferentes frecuencias de corte (FC) e intensidades de corte (IC) en verano en condiciones de invernadero, en el sureste de Coahuila, México.	46
Cuadro 6. Relación hoja-tallo (R:H/T) de <i>Lotus corniculatus</i> L., sometido a diferentes frecuencias de corte (FC) e intensidades de cortes (IC) en verano, en condiciones de invernadero.	47
Cuadro 7. Peso de hoja (g MS planta ⁻¹) y Peso de tallo (g MS planta ⁻¹) de <i>Lotus corniculatus</i> L., sometido a diferentes frecuencias de corte (FC) e intensidades de cortes (IC) en verano, en condiciones de invernadero.	48
Cuadro 8. Altura (AP) (cm) de <i>Lotus corniculatus</i> L., sometido a diferentes frecuencias e intensidades de cortes, en verano, bajo condiciones de invernadero, en el sureste de Coahuila, México.	49

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objetivo evaluar el comportamiento productivo de *Lotus corniculatus* L., en la estación de verano bajo condiciones de invernadero, al someterlo a diferentes estrategias de manejo. La especie fue sometida a tres Frecuencias de Corte (FC); Corte Temprano (CTE) a los 28 días, Corte Medio (CME) a 35 días y Corte Tardío (CTA) a 42 días, y a tres Intensidades de Cosecha (IC); 3, 6 y 9 cm de altura residual. Se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: Rendimiento de Materia Seca (RMS), Composición Morfológica (CM), Relación Hoja:Tallo (R:H/T), Peso de la Hoja (PH), Peso del Tallo (PT) y Altura de la Planta (AP). Se registraron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre frecuencias e intensidades de corte. Los mayores RMS promedios se registraron en el CME y CTA con 22.4 y 22.5 g MS planta⁻¹, respectivamente, superiores al CTE (14.5 g MS planta⁻¹), mientras que en las intensidades fueron superiores al cosechar la especie a los 6 y 9 cm, con 20.7 y 20.6 g MS planta⁻¹, menores a 3 cm con 18.1 g MS planta⁻¹. En CM, la hoja presentó mayor porcentaje en comparación con los demás componentes, siendo a una IC de 9 cm mayor en todas la FC; 77% (CTE), 73% (CME) y 72% (CTA). En la R:H/T se encontraron valores promedio de 3.1 (CTE), 2.7 (CME) y 2.8 (CTA), respectivamente, donde el CTE mostró el mayor valor 4, a una IC de 9 cm. El CTA presentó los mayores valores para PH en la IC a 9 cm con 0.089 g MS planta⁻¹, de la misma manera para el PT. En cuanto al AP el mayor valor fue CME a una IC de 3 cm. En conclusión, el comportamiento productivo de *Lotus corniculatus* fue afectado por una frecuencia de un corte temprano en todas las intensidades de cosecha, pero también disminuyó a cosechas de 3 cm en todas las frecuencias. La hoja fue el componente que más aportó al rendimiento con más del 73%, seguido del tallo, que fue superior para todos los FC y IC.

Palabras clave: *Lotus corniculatus*, frecuencia de corte, intensidad de corte, rendimiento de materia seca, composición morfológica.

ABSTRACT

The present study was carried out with the objective of evaluating the productive behavior of *Lotus corniculatus* L. in the summer season under greenhouse conditions, by subjecting it to different management strategies. The species was subjected to three Cutoff Frequencies (FC); Early Cut (CTE) at 28 days, Medium Cut (CME) at 35 days and Late Cut (CTA) at 42 days, in three Harvest Intensities (IC) at 3, 6 and 9 cm. The variables evaluated were: Dry Matter Yield (RMS), Morphological Composition (CM), Leaf:Stem Ratio (R:H/T), Leaf Weight (PH), Weight per Stem (PT) and Plant Height (AP). Statistical differences ($p < 0.05$) were recorded between cutting frequencies and height. Regarding RMS, the highest averages were recorded in the CME and CTA with 22.4 and 22.5 g DM plant⁻¹, respectively, higher than the CTE (14.5 g DM plant⁻¹), while the intensities were higher when harvesting the species at the 6 and 9 cm 20.7 and 20.6g DM plant⁻¹, less than 3 cm with 18.1 g DM plant⁻¹. In CM, the leaf presented a higher percentage compared to the other components, with the CI at 9 cm being higher in all FC 77% (CTE), 73% (CME) and 72% (CTA). In the R:H/T, differences ($p < 0.05$) were found between CTE, CME and CTA with an average value of 3.1, 2.7 and 2.8 respectively, CTE showed the highest value 4. At a CI of 9 cm. The CTA presented the highest values for PH in the IC at 9 cm with 0.089 g DM plant⁻¹, in the same way for the PT. Regarding AP, the highest value was CME at a CI of 3 cm. In conclusion, the yield was affected by the frequency of an early cut for all intensities, however, it also decreased at 3 cm, for all three frequencies. The leaf was the component that contributed the most to yield with more than 73%, followed by the stem, which was higher for all FC and IC.

Key words:

Lotus corniculatus, cutting frequency, cutting intensity, dry matter yield, morphological composition.

I. INTRODUCCIÓN

El costo elevado de los concentrados en especial los que aportan altos contenidos de proteína y su difícil adquisición en la mayoría de los países, limitan su utilización, por tanto, es necesario buscar alternativas para la alimentación proteica (Cáceres *et al.*, 1996). Entre las opciones se encuentran el uso de forrajes de especies de leguminosas debido a su mayor contenido de proteínas y la mejor calidad de forraje comparado con las gramíneas (Enríquez *et al.*, 2020). Sin embargo, es importante considerar que el *Lotus corniculatus* L. (trébol “pata de pájaro”), es sensible al manejo de defoliación por lo tanto cuando se sobre pastorea, la población disminuye de manera significativa (Rebuffo, 1991), no obstante, con una buena técnica de manejo en los rebrotes se puede producir biomasa después del primer ciclo de corte, evitando los costos de replantación (Sixto *et al.*, 2008). *Lotus corniculatus*, es una leguminosa reconocida como una especie forrajera con un alto potencial productivo (Naydenova *et al.*, 2015), dado su excelente valor nutricional y formas de utilización (García *et al.*, 2014).

La especie *L. corniculatus*, es una hierba perenne que produce forraje de alta calidad en comparación con la alfalfa (*Medicago sativa*) y el trébol blanco (*Trifolium repens*), a diferencia de estos no ocasiona timpanismo en el ganado. Por su contenido de taninos condensados, que son benéficos para el metabolismo de las proteínas en rumiantes (Cárdenas, 2011), además es de gran adaptabilidad en suelos pobres donde la alfalfa no prospera, principalmente en suelos salinos, ácidos y delgados con limitantes de humedad (Kelman *et al.*, 1997). La intensidad y frecuencia de corte son un factor importante, conforme la defoliación es más severa, la tasa de rebrote disminuye, más aún si la frecuencia es tal que el área foliar resulta insuficiente para producir suficientes cantidades de reservas (Jiménez y Martínez, 1984).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

- Evaluar el comportamiento productivo de *Lotus corniculatus* L., al someterlo a diferentes estrategias de manejo, en condiciones semi-controladas de invernadero, en la estación de verano.

1.1.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar el rendimiento y sus componentes morfológicos de *L. corniculatus* al variar la frecuencia e intensidad de corte.
- ✓ Evaluar la relación hoja:tallo, peso seco de la hoja por tallo y peso de tallo individual y altura de planta, al variar con la frecuencia e intensidad de cosecha sobre *L. corniculatus*.

1.2 HIPÓTESIS

- A una intensidad de corte a 9 cm y una frecuencia de corte temprano se presentarán los menores rendimientos de g MS planta⁻¹, así como de sus componentes.
- La frecuencia de corte medio y a una intensidad de 6 cm serán los tratamientos que mayor rendimiento de biomasa producirán.
- La hoja será el componente morfológico que más aporte tendrá en el rendimiento de MS, seguida por el tallo y el material muerto serán los que menor rendimiento presenten.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Descripción de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.)

2.1.1 Origen

Es una especie que tiene dos sitios de origen, uno en las praderas templadas del Mediterráneo hacia la zona desértica de África y áreas templadas de Asia, esta es la zona con mayor diversidad de esta especie de importancia agronómica, y otro lugar de origen es en el oeste de América del Norte (Muttoni, 2008). El origen europeo, de esta especie facilita su adaptabilidad en climas templados y fríos, de igual forma crece en latitudes tropicales y subtropicales, es ideal para suelos arcillosos hasta arenosos, secos e inundados (García *et al.*, 2015). Este género incluye 200 especies, tanto perennes como anuales (Criado, 2014).

2.1.2 Clasificación taxonómica

Cuadro 1: Clasificación taxonómica de *Lotus corniculatus* L.

Reino	<i>Plantae</i>	
Subreino	<i>Traqueobionta</i>	Plantas vasculares
División	<i>Magnoliophyta</i>	Plantas con flores
Clase	<i>Magnoliopsida</i>	Dicotiledóneas
Subclase	<i>Rosidae</i>	
Orden	<i>Fabales</i>	
Familia	<i>Fabaceae</i>	Familia de los guisantes
Género	<i>Lotus</i>	
Especie	<i>corniculatus</i>	
Nombre científico	<i>Lotus corniculatus</i> L.	

Fuente: USDA (2011).

2.1.3 Descripción morfológica

Es una leguminosa perenne de altura aproximada de 5-50 cm.

Raíz: Pivotal vigorosa de hasta 1 m de largo (Silveira, 2011). Esta posee ramificaciones laterales ubicadas en los primeros 30 a 60 cm del suelo (Seaney y Henson, 1970).

Tallos: Sólidos, de porte erecto, decumbente o postrado. Su hábito de crecimiento es a partir de una corona de la cual emergen los rebrotes a partir de las yemas axilares situadas sobre los tallos (Silveira, 2011).

Hojas: Imparipinadas, pentafoliada, sus tres folíolos superiores son ovados y los inferiores ovales, parecidos a una estípula, con nervadura poco visibles. Las hojas emergen desde puntos de crecimiento ubicados en los cotiledones, lo que permite diferenciarla de los géneros *Medicago* y *Trifolium* (Ayala y Carámbula, 2009).

Inflorescencia: Es una umbela dispuesta de 1 a 12 flores que están sostenidas por un pedúnculo floral implantado en las axilas de las hojas principales de los tallos (Ayala y Carámbula, 2009).

Flores: Son de color amarillo con tonalidades pálidas a intensas, casi anaranjadas hasta rojizas (Canals *et al.*, 2009).

Fruto: Está constituido por vainas alargadas y agrupadas en diferente número formando una pata de pájaro característica por la cual recibe su nombre común de trébol pata de pájaro (Ayala y Carámbula, 2009); cuya producción se da en las estaciones primavera-verano-otoño.

2.2 Factores edáficos y climáticos que afectan el crecimiento y producción de forrajes

2.2.1 Acidez del suelo

Lotus corniculatus L., es una especie de gran adaptabilidad edáfica, a pH que oscilan entre 5.5 y 7.5 (Canals *et al.*, 2009). La acidez del suelo afecta significativamente la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Debido a que algunos nutrientes como P, K, Ca y Mg se vuelven menos disponibles y a medida que la acidez incrementa, también incrementan elementos de comportamiento negativo como Al, Mn y Zn (Brady, 1974), que pueden causar efectos nocivos por intoxicación en el ganado que lo consume (Edmeades *et al.*, 1991). Aunque este cultivo presenta una menor absorción de elementos tóxicos y una mayor eficiencia en la absorción del P y en los mecanismos de transporte de este nutriente. Por otra parte, los forrajes de alto rendimiento, como el pasto bermuda o la alfalfa, pueden causar que la acidez del suelo se desarrolle más rápido que con otros cultivos (Ayala y Carámbula, 2009). Los elementos tóxicos como el Al y el Mg son los principales causantes de los suelos ácidos (Zhang, 2022).

2.2.2 Adaptación a suelos pobres

Se ha demostrado su adaptación en suelos pesados de poca fertilidad (Striker *et al.*, 2005). Que van de arcillosos hasta arenosos, secos e inundados (Jones y Turkington, 1986). Ácidos, con bajos porcentajes de P y N característico de trópico alto (Apraez, 2014). Por su parte Striker, (2005), coincide con lo que mencionan los autores anteriores el argumenta que se adapta a la salinidad, acidez, baja fertilidad y tierras agotadas. Además, Scott y Charlton, (1982), mencionan que estas especies, no requieren de altas aplicaciones de P y K especialmente y otros elementos. Esta especie soporta estas condiciones gracias a su raíz pivotante profunda y ramificada la cual le permite soportar suelos inundables (Cárdenas, 2011).

Castillo (2012), enfatiza que la necesidad de aplicar sistemas sostenibles de producción de forraje en suelos pobres y ácidos que implique menores costos de producción principalmente en cantidades de insumos, en especial de fertilizantes, lo que propicio a que el género *Lotus* fuera una alternativa forrajera de valor por sus atributos agronómicos y nutricionales (Cibils y Lorenzo, 2018). Debido a que la especie es apropiada para suelos de poca fertilidad que van desde arcillosos hasta arenosos, secos e inundados (Jones y Turkington, 1986).

2.2.3 Humedad

Para el transporte de nutrientes y minerales del suelo hacia la planta, el agua es el elemento indispensable, también como medio para el movimiento de las enzimas y actividad catalítica. Además de que la humedad determina el potencial productivo de un forraje, afectando positiva o negativamente el crecimiento de las plantas y su persistencia (Ayala y Carámbula, 2009). En condiciones de déficit de humedad, los forrajes adoptan cambios en su morfología y fisiología, como la expansión foliar, reducción en el crecimiento de los tallos, división celular, aparición de hojas y aceleración del proceso de senescencia y en consecuencia reducción en la producción de materia seca (Passioura, 1982). *L. corniculatus*, expuesto a falta de humedad en verano manifiesta una reducción en la población de *rizobios* que afecta la nodulación de plantas establecidas en otoño y pone en peligro la disponibilidad de forraje en invierno (Ayala y Carámbula, 2009). En contra parte un exceso de humedad provoca la formación de un medio anaeróbico en el suelo, provocando en las plantas clorosis, hipertrofias en las aerenquimas y un deterioro en el sistema radical, el cual impacta más en leguminosas que en gramíneas, lo que propicia un incremento en el ataque de enfermedades (Finn *et al.*, 1961). De igual forma (Vignolio *et al.*, 1994), expone que el exceso de humedad provoca el aborto de flores y vainas.

2.2.4 Radiación solar e intercepción de luz

El factor que limita el crecimiento de las pasturas es la energía solar, la incidencia de radiación en las distintas regiones varía en función de la latitud y la nubosidad. Los valores más altos de energía disponible a lo largo del año corresponden a climas tropicales y sub-tropicales (Kimmins, 1987). Así mismo, temperaturas desfavorables, sequías y déficit de nutrientes (en especial el nitrógeno) podrían condicionar la utilización de la radiación incidente (Romero L. s/f). Este análisis es compartido por los autores (Sinclair y Muchow, 1999), ya que ellos argumentan que la cantidad de radiación solar total que llega a la pradera está determinada por la latitud, altitud, hora del día y claridad de la atmósfera. Sin embargo, *L. corniculatus* es una especie que se adapta a intensidades medias de luz, ya que las intensidades bajas de esta disminuyen el crecimiento de la parte aérea, así como la de las raíces, se incrementa la relación tallo-hoja y se disminuye el área foliar total de cada planta (Ayala y Carámbula, 2009). Por otra parte (Kimmins, 1987) menciona que las variaciones temporales en las intensidades de la radiación solar afectan la tasa fotosintética, morfología y de crecimiento. El aumento en la proporción de hojas ayuda a que haya una mayor intercepción de luz. En especies forrajeras se ha establecido como punto óptimo de cosecha cuando la pradera intercepta el 95 % de luz incidente, condición en la cual la competencia por luz dentro de la pradera es mínima y el forraje cosechado adquiere un alto valor nutricional por el contenido de hojas y tallos jóvenes (Da Cunha *et al.*, 2010).

2.2.5 Temperatura

Otro factor importante que afecta el crecimiento es la temperatura, la cual actúa tanto en forma directa como indirecta (modificando la actividad biológica del suelo, principalmente la mineralización y la fijación de nitrógeno). Las reacciones bioquímicas que ocurren dentro de las plantas se producen con mayor intensidad cuando la temperatura es la óptima, y ésta no es la misma para las distintas especies (Romero L., s/f). Las temperaturas bajas y presencia de heladas afectan los procesos de

germinación e inicio de crecimiento ya que estas etapas dependen exclusivamente de temperaturas moderadas (Keoghan y Burgess, 1987), otros autores como Ayala y Carámbula, (2009) argumentan que a nivel raíz, la temperatura tiene influencia en el establecimiento y persistencia, en verano, en presencia de temperaturas altas, se reportan reducciones de las reservas de carbohidratos y absorción de nutrientes por las raíces, seguramente este acontecimiento se manifiesta por estrés de la planta. Ya que esta especie se adapta a temperaturas medias mensuales entre 16 y 27 °C, de igual forma crece en regiones cálidas a temperaturas entre 27 y 38 °C, por lo que su temperatura promedio de crecimiento se determina en los 18 °C (Muslera, 1991). Por su parte, Carter *et al.* (1997), mencionan que las variables que más afectan la producción de forraje son la temperatura y la precipitación; cabe resaltar que el mejor crecimiento del *L. corniculatus* es de los 18 a 25 °C y su temperatura óptima de crecimiento es por encima de los 22 °C. También, Jones y Turkington (1986), comentan que las heladas aumentan la mortalidad de las plantas. Según García *et al.* (2015), *L. corniculatus* resistió temperaturas de 32 °C y temperaturas mínimas de -5 °C. La poca precipitación fue una limitante en la producción de materia seca y la altura de planta disminuye cuando las temperaturas son bajas.

2.3 Manejo de la frecuencia e intensidad de cosecha en forrajes

La frecuencia e intensidad de pastoreo pueden definir el nivel de producción animal de una pradera asociada porque las especies que la componen determinan la producción de forraje y su calidad, tanto en el aporte de forraje de cada especie como de cada componente morfológico presentes en la pradera (White y Hodgson, 1999). El rendimiento de forraje de la pradera puede diferir si la cosecha se hace por pastoreo o en forma mecánica (Counce *et al.*, 1984). Las plantas de pastoreo responden según el régimen de defoliación (intensidad y frecuencia), época del año y la etapa de desarrollo de la planta al momento de la defoliación (Schnellmann *et al.*, 2019). Por lo general la respuesta de las plantas sometidas a diferentes intensidades y frecuencias de corte son expresadas como rendimiento o producción. Aun así, este rendimiento es el resultado que causa el efecto de este factor de manejo sobre el crecimiento del

forraje, determinado por la distribución de sus nutrientes derivados de la fotosíntesis vía los componentes aéreos y radicales (Yrausquin *et al.*, 1995). También Santiñaque y Battista (2003), argumentan que las ventajas de los manejos intensos y poco frecuentes son relativas ya que aún en las mejores condiciones la población no alcanza a sobrevivir más de 4 años. La intensidad y la frecuencia de corte son dos factores importantes en la longevidad de las plantas por el efecto directo sobre los Carbohidratos no Estructurales Totales o de reserva (CNET) (Becerra y Montero, 1992); en consecuencia, los pastoreos muy frecuentes generan una disminución en las reservas de carbohidratos estructurales además del peso de las raíces, lo que ocasiona una menor producción de forraje y rebrotes más lentos, el debilitamiento de las plantas provocado por este fenómeno, aumenta la susceptibilidad al ataque de enfermedades como hongos de la raíz y corona., pudiendo en algunos casos producir la muerte de las mismas (Formoso, 1993).

La frecuencia de corte es el número de cortes realizados en una pradera en un periodo de tiempo determinado, en una estación o durante todo el año (Jiménez y Martínez, 1984). Por otra parte, la intensidad, se le conoce como altura o severidad de corte y hace referencia a la altura o proporción del forraje remanente después del corte Jiménez y Martínez, (1984). Las alturas de corte están asociadas con la cantidad de follaje y yemas remanentes, sin embargo, a una misma altura de corte no todas las especies son igualmente afectadas, esto depende de su forma de crecimiento y la edad del follaje remanente (Becerra y Montero, 1992).

2.4 Factores que afectan el rebrote de los forrajes perennes

El rebrote es el inicio de un nuevo ciclo de crecimiento y acumulación de materia seca en el tiempo. Este proceso se presenta principalmente en especies perennes, las cuales son capaces de regenerar su tejido vegetal después de una defoliación, si algunos de los factores de crecimiento no son limitantes (Da Silva y Nascimento Jr., 2007). La capacidad de rebrote depende de factores propios como las reservas de

carbohidratos, área foliar remanente, tasa de amacollamiento, humedad del suelo y factores climáticos, aunado a competencia intra e interespecifica (Briske *et al.*, 1996). En las plantas adultas, los nuevos rebrotes se originan en la base de la corona, dando lugar a tallos vigorosos. Sin embargo, el crecimiento puede continuar también desde las yemas de los propios tallos cuando se deja el forraje crecer muy alto. Este rebrote proveniente de tallos secundarios generalmente tiene menor vigor y tiende a desprenderse de los tallos viejos con mayor facilidad (Rebuffo, 2005). Es importante destacar que el rendimiento de forraje de la pradera puede ser distinto si la cosecha se hace por pastoreo o en forma mecánica (Counce *et al.*, 1984).

2.4.1 Reserva de carbohidratos

Las reservas de carbohidratos en las plantas se dividen en: estructurales, que son aquellos que forman parte de la pared celular en forma de celulosa, hemicelulosa y pectina, mientras que los no estructurales se almacenan en raíces, rizomas, estolones, corona, parte inferior de los tallos, en forma de monosacáridos (glucosa y fructosa), disacáridos (sucrosa y maltosa) y polisacáridos (almidón y fructosanos) (Smith y Nelson, 1967). Estos componentes son los encargados de proporcionar energía necesaria para iniciar el rebrote (Duthil, 1989). Las reservas de carbohidratos, constituidas en mayor proporción por almidón y en menor cantidad de glucosa, fructosa y sacarosa (Ferreira *et al.*, 2022). Después de una cosecha, el rebrote de las especies forrajeras ocurre por translocación de carbohidratos de raíces y base de tallos, a los meristemos de crecimiento, de esta forma, en algunas especies, los cortes severos reducen considerablemente la disponibilidad de carbohidratos, provocando una tasa de rebrote lenta (Hernández, 1996). La cantidad de carbohidratos de reserva usados en el rebrote depende de la severidad de la cosecha, la capacidad fotosintética de las hojas remanentes y las condiciones ambientales para la fotosíntesis durante el crecimiento (Maroso *et al.*, 2007). Por tanto, una planta con suficientes reservas de carbohidratos puede recuperar su crecimiento después de una defoliación (Hodgson, 1990).

2.4.3 Meristemas de crecimiento

Los meristemas de crecimiento son los tejidos embrionarios formados por células diferenciadas capaces de originar otros tejidos y órganos especializados, mediante divisiones continuas, para dar paso al rebrote (Briske, 1991). Las zonas meristemáticas se localizan en la base de las hojas más jóvenes (Tomlison y O'connor, 2004). La activación de estas zonas está influenciada por el balance entre auxinas y citoquininas, lo que regula la formación de hojas jóvenes, necesarias para promover el desarrollo de nuevo tejido foliar y radical (Azcon y Talon, 1993). Las plantas presentan diferentes puntos de ubicación de meristemas de crecimiento y órganos de reservas, así como presencia o ausencia de estolones y rizomas, en el caso de leguminosas, dependiendo de hábito de crecimiento (Quero *et al.*, 2007). Estas características determinan diferentes capacidades de rebrote y producción de forraje en cada especie (Cruz y Boval, 2000). En leguminosas erectas, alfalfa, *Lotus*, trébol rojo, con patrones de crecimiento sincrónicos de la mayoría de sus tallos, presentan los meristemas nodales intercalares de los mismos activos desde las etapas iniciales de los rebrotes, razón por la cual, alargan continuamente sus entrenudos. En estas especies la realización de cortes no selectivos, por medios mecánicos dejando forrajes de 4 cm, retiran masivamente los meristemas axilares localizados por arriba del nivel de corte. La defoliación dependerá entonces, de los meristemas axilares remanentes y de los meristemas basales, así como de la energía disponible para los mismos (Formoso, 1993). En invierno, el primer crecimiento se produce mayormente a partir de las yemas basales de la corona, mientras que los rebrotes posteriores, se originan a partir de los meristemas axilares nodales residuales, que permanecieron en los entrenudos basales de los tallos remanentes (Smith, 1981).

2.5 Factores antinutricionales

Los Taninos Condensados (TC) son sustancias de naturaleza compleja con capacidad de reaccionar con macromoléculas y proteínas del forraje según su concentración, estructura química y peso molecular. La concentración en las especies

forrajeras es muy variable: 0.01 a 10 % de la materia seca (MS). Sin embargo, en un rango de concentración de 2% al 4% de la MS producen cambios a nivel nutricional productivo y sanitario en los animales que los consumen (Otero e Hidalgo, 2004).

Para las especies de *Lotus* que son utilizadas como forrajeras, un contenido medio de TC (1 a 5 mg gr⁻¹ MS) resulta benéfico, ya que previene el meteorismo y se ha sugerido que ejerce un control sobre los parásitos intestinales (Otero y Hidalgo, 2004). Por otro lado, los TC desempeñan funciones en las interacciones entre plantas y microorganismos, tanto patógenos como mutualistas; también se ha sugerido que estos metabolitos intervienen en las respuestas a estrés de tipo abiótico (Gebrehiwot *et al.*, 2002; Reinoso *et al.*, 2004; Paolocci, *et al.*, 2005). *L. corniculatus* no presentan riesgos de timpanismo por el contenido de taninos condensados a los cuales se les atribuye la característica de impedir la formación de gases y espuma en el rumen y se prevenga dicho problema (Pereira, 2007) tienen la capacidad de proveer hasta el 23 % de proteína cruda, digestibilidad in vitro del 80 %, FDN 50 % y FDA 32 %, 1800 kg de materia seca por corte (García, 2011).

Además, Márquez y Suárez (2008), mencionan que producen efectos benéficos sobre el metabolismo de las proteínas en rumiantes, porque reducen la degradación de la dieta proteínica en el rumen e incrementan la absorción de aminoácidos en el intestino delgado. La característica principal de los taninos es su capacidad para formar complejos reversibles con las proteínas. Entre los efectos positivos, está la ganancia de peso, la producción de lana y la eficiencia reproductiva en ovinos, además de reducir el impacto del parasitismo gastrointestinal y la presentación de timpanismo. Los efectos negativos de los taninos condensados (>5%) se relacionan con la disminución del consumo de alimentos, debido a la reducción de la palatabilidad ocasionada por los efectos astringentes de estos compuestos en la saliva, lo cual afecta la digestión de los rumiantes con consecuencias negativas sobre el crecimiento de los animales (Márquez, 2008).

2.6 *Lotus corniculatus* L., en la agronomía

Esta especie es reconocida por su excelente calidad forrajera y su alto potencial productivo que puede ser utilizada para ensilado, producción de paja o consumo directo en verde. Debido a que no produce timpanismo por la concentración de Taninos condensados en el ganado en pastoreo (Beuselinck y Grant, 1995), su calidad nutritiva es comparable con la alfalfa (*Medicago sativa* L.) y la del trébol blanco (*Trifolium repens* L.) además, contiene menos celulosa y más carbohidratos no estructurales (Grant, 2009). Es una especie de gran rusticidad ya que se adapta a diferentes condiciones edafoclimáticas; soporta deficiencias de P, altas concentraciones de Al, Mg, bajas temperaturas y sequía (Vasileva *et al.*, 2014). A su vez, es de gran tolerancia a la salinidad, acidez y a la baja fertilidad del suelo (Striker *et al.*, 2005). Sin embargo, como en la mayoría de las especies forrajeras, la productividad y persistencia, son determinadas por el manejo del cultivo; principalmente por la intensidad y frecuencia de defoliación (Da Silva *et al.*, 2020). Esta es una especie que admite pastoreos frecuentes sin embargo de baja intensidad y se beneficia con pastoreos rotativos controlados, también presenta la alternativa de diferir forraje de buena calidad para el invierno, acumulando el crecimiento otoñal. Por otra parte cuenta con una densidad de siembra de 4-10 kg/ha en mezclas y 10-12 kg/ha en siembras puras (Ayala y Carámbula, 2009). Cuenta con una producción de forraje que puede ir de 4,799 a 13,300 kg de MS ha⁻¹ (Acuña, 1998).

En la producción animal, es un forraje de excelente calidad para rumiantes bovinos y ovinos (Grant, 2009), específicamente en bovinos productores de leche (Williams *et al.*, 2011). En el ganado ovino está asociado con el mejoramiento de parámetros reproductivos en ovejas, incrementando el porcentaje de nacimientos y corderos destetados en 16 y 32 %, respetivamente (Ramírez *et al.*, 2006). Estos autores, (Min *et al.*, 2003) reportaron que concentraciones de 22 y 38 gr de TC por kg de MS aumenta un 10 % la producción de lana y el intervalo de ovulación en un 22 %. Con respecto a, (Marley *et al.*, 2006) ellos obtuvieron ganancias de peso de 102 gr día⁻¹ en ovinos, y la infestación de parásitos fue mínima. En contraste podemos decir que

es un forraje de rentabilidad económica ya que requiere pocos costos de producción y es un forraje de buena calidad.

2.7 Valor nutricional

Su ciclo es primavera – verano – otoño, y el comportamiento que presenta frente a la sequía es mejor que el trébol blanco ladino. Su calidad del forraje es muy buena y no produce timpanismo (Gaita y Fernández, 2005).

Cuadro 2: Rendimiento nutritivo de *Lotus corniculatus* L., en las estaciones de primavera y verano

Estación	MS (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	DIVMS (%)	EM (Mcal /kg MS)
Primavera		11,9	50,2		57,7	2,1
Verano		16,0	42,5		60,2	2,2

Fuente: Guaita y Fernández (2005).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización y descripción del sitio experimental

El experimento se realizó en la estación de verano del 13 de mayo del 2022 al 30 de septiembre del 2022, en las instalaciones del invernadero del departamento de Recursos Naturales Renovables ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Buenavista, Saltillo, al sureste del estado de Coahuila, en las coordenadas 25° 23' de Latitud Norte y 101° 00' de Longitud Oeste, a una altitud de 1,783 m.

3.2 Condiciones meteorológicas

En la Figura 1, se muestran las temperaturas y el porcentaje de humedad durante el periodo del experimento, los cuales fueron adquiridos con un higrómetro digital (SensorBlue WS08 Smart Hygrometer Thermometer) ubicado dentro del invernadero. A lo largo del periodo experimental la máxima temperatura fue de 33 °C y una mínima de 7°C. El mayor porcentaje de humedad fue de 68 % en el mes de septiembre y el menor de 32 % en mayo, siendo los meses de agosto y septiembre los que mostraron mayor porcentaje de humedad.

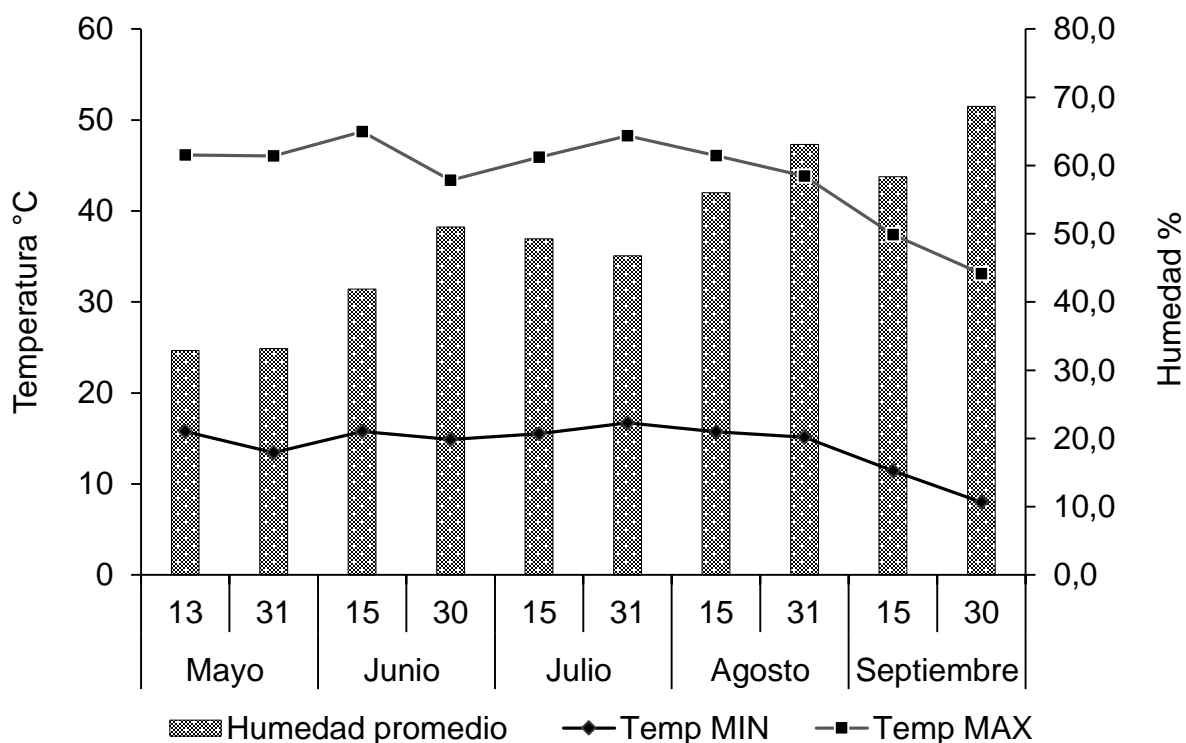


Figura 1. Medias quincenales máximas y mínimas de las temperaturas, y de la humedad (SensorBlue WS08 Smart Hygrometer Thermometer).

3.3 Material genético

Se utilizó el genotipo 255301 de la especie trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), semilla que inicialmente fue donada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América al Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, con fines de experimentación, investigación y desarrollo para su adaptación en suelos de México.

3.4 Tratamientos y diseño experimental

Se establecieron dos efectos sobre *Lotus corniculatus* L. que fueron las intensidades (IC) y frecuencias de corte (FC) para determinar su comportamiento, durante el crecimiento en verano. Los cortes se realizaron a tres diferentes alturas 3, 6 y 9 cm arriba del suelo y se cosecho en tres frecuencias de corte; Corte Temprano

(CTE), Corte Medio (CTM) y Corte Tardío (CTA), con intervalos de 28, 35 y 42 días, respectivamente. El experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques al azar, con cuatro repeticiones dos individuos por repetición, por intervalo de corte e intensidad de cosecha.

3.5 Manejo de las unidades experimentales

Se evaluaron 72 plantas de *Lotus corniculatus*, en condiciones de invernadero semi-controlado el 21 de junio de 2021, en macetas con capacidad de 8 kg de sustrato, donde se estableció el *Lotus corniculatus*, 255301 mediante el método asexual, estableciendo una planta por maceta, a las cuales se les aplicaba riego controlado de 300 ml para cada una, administrado cada tercer día a capacidad de campo, con la finalidad de que la cantidad de agua no afectara las variables a evaluar.

3.6 Variables evaluadas

3.6.1 Rendimiento de forraje

Para determinar el rendimiento de forraje se cosechó el material vegetativo de cada una de las macetas, tomando en cuenta la IC establecida (3, 6 y 9 cm) de cada repetición y FC correspondiente. El material vegetativo obteniendo de forraje se colocó en bolsas de papel para cada maceta, etiquetadas por frecuencia e intensidad de corte correspondiente, así como la repetición adecuada, posteriormente las muestras fueron sometida al proceso de secado en una estufa de aire forzado, durante 72 horas a una temperatura de 55 °C obteniendo así un peso constante, dichas muestras fueron pesadas en una báscula analítica. De tal manera que se registró el peso de la materia seca parcial, determinando el rendimiento por unidad de superficie (g MS planta⁻¹).

3.6.2 Composición morfológica

La composición morfológica (CM) se calculó, separando un 10 % aproximadamente de la muestra utilizada para rendimiento de forraje, separándola en los componentes, hoja, tallo, material muerto e inflorescencia. Las cuales fueron colocados en bolsas de papel etiquetadas. Posteriormente, se sometieron a una estufa de secado a una temperatura de 55 °C durante 72 horas obteniendo un peso constante. Estas muestras fueron pesadas con una báscula analítica, pesando cada componente morfológico. Se calculó la aportación al rendimiento de materia seca en g MS planta⁻¹ y porcentaje, de cada componente mediante las siguientes formulas:

$$CM (\%) = \frac{[\text{Peso total del componente}] \times [100]}{\text{Peso total de la CM}}$$

$$g \text{ MS planta}^{-1} = \frac{[g \text{ MS planta}^{-1} \text{ componente}^{-1}] \times [100]}{g \text{ MS planta}^{-1}}$$

3.6.3 Relación hoja:tallo (R:H/T)

Los datos originados a partir de la composición morfológica de hoja y tallo de cada planta se utilizaron para estimar la relación hoja:tallo (R:H/T), la cual se calculó con la fórmula siguiente:

$$R = \frac{H}{T}$$

Donde:

R= Relación hoja:tallo.

H = Peso seco del componente hoja (g MS planta⁻¹).

T = Peso seco del componente tallo (g MS planta⁻¹).

3.6.4 Peso de hoja por tallo y peso de tallo individual

Se calculó utilizando 10 tallos de cada planta, los cuales se separan por componente hoja y tallo, se colocó la muestra en bolsa de papel con su etiqueta correspondiente en una estufa de secado a temperatura de 55 °C durante 72 horas obteniendo un peso constante, ambos componentes fueron pesados en una báscula analítica para mejores resultados, respectivamente registrados. Al final se sumaron los pesos de cada componente y se dividieron entre los 10 tallos.

3.6.5 Altura de planta

Antes de realizar cada corte, se midió la Altura de las Plantas (AP) de acuerdo con el intervalo y altura de corte correspondiente del muestreo, para ello se tomaron dos alturas de dos plantas por cada repetición, se utilizó una regla graduada de 100 cm, de tal forma que la parte inferior de la regla graduada (0 cm) quedara a nivel del sustrato de la maceta, seleccionando el tallo más alto obteniendo así una altura por planta. Con estos datos, posteriormente se calculó el promedio por cada repetición de la frecuencia de corte establecida.

3.7 Análisis estadístico

Para la comparación del efecto de la frecuencia e intensidad de corte sobre *L. corniculatus*, sobre las variables evaluadas, fue realizado un análisis de varianza (ANVA) con un diseño de bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones, mediante el procedimiento PROC GLM de SAS (Statistical Analysis System Versión 9.0 para Windows; SAS Institute, Cary NC. USA) y una comparación de medias con la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Se utilizó el siguiente modelo.

$$Y_{ijk} = \mu + ai + B_j + E_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Valor de la variable de estudio

μ = Media general de la población estudiada

α_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

B_j = Efecto de j -ésimo bloque

E_{ijk} = Error estándar de la media

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Rendimiento de forraje

En la Figura 2, se muestran los rendimientos de materia seca de *Lotus corniculatus* L. genotipo 255301, cosechado a diferentes intervalos e intensidades de corte en el Sureste de Coahuila, México, en condiciones de invernadero, donde no se presentaron diferencias estadísticas ($p>0.05$) entre intensidades de corte y frecuencias, obteniendo una cosecha general de 19.8 g MS planta⁻¹. No obstante numéricamente, se observó con una IC de 3 cm se registró una menor acumulación de forrajes en las FC obteniendo un promedio de 18 g MS planta⁻¹, en contra parte las IC 6 y 9 cm registraron un menor promedio (20 g MS planta⁻¹) para ambas.

En contraste, Greub y Wedin (1971) señalan que no existe ventaja en cortar y pastorear *L. corniculatus* al bajar la altura de corte, para corto y largo plazo, cortes a 3,8 cm versus 7,6 y 11,4 cm incrementaron la producción en el corto plazo, pero en los siguientes rebrotes en el rendimiento se redujo en la misma cantidad. En cuanto a Aguilar (2023), él comenta que no hay efecto de la altura de corte sobre la producción de materia seca de los componentes por individual ($p>0.05$) pero si en la comparación entre ellos dentro de cada IC ($p<0.05$), por consiguiente, con los resultados de la presente investigación se concluye que, si hay efecto en las IC y las FC ya que a corto plazo se produce menos RMS y a largo plazo ahí mayor producción de la misma, además al realizar los cortes a alturas más alta se está dejando parte de la planta que no es aprovechada.

En la presente investigación el CME fue el que mayor RMS registró, por lo tanto, argumento que con una FC de CME de 35 días a una IC de 6 cm es la mejor para la estación de verano, y de acuerdo a Guzmán *et al.*, (2021), en una investigación en rendimiento de forraje realizada con tres genotipos de *L. corniculatus*, el genotipo 255301 registró mayores valores en los días 35 a 49 después del rebrote (DDR) 5.69 y 5.28 g MS planta⁻¹, al contrario, los resultados menores se observaron a los 7 DDR

(0.24 g MS planta⁻¹). Al comparar estos resultados con la presente investigación, nos indican que conforme avanza la edad de la planta el rendimiento de materia seca es mayor, los anteriores conceptos confirman que en el CME que corresponde a 35 DDR y CTA que corresponde a 42 DDR se registraron mayores RMS en comparación con el CTE. Sin embargo, cabe resaltar que los rendimientos de materia seca van a estar en función de la IC y FC, por este motivo y en base a los resultados el mejor rendimiento se registró con un CME con las tres intensidades de cosecha en vista de que se obtuvieron 20.6 g MS a 3 cm, 22.0 g MS a 6 cm y 24.5 g MS a 9 cm. Se aprecia una tendencia de incremento lo que favoreció la producción.

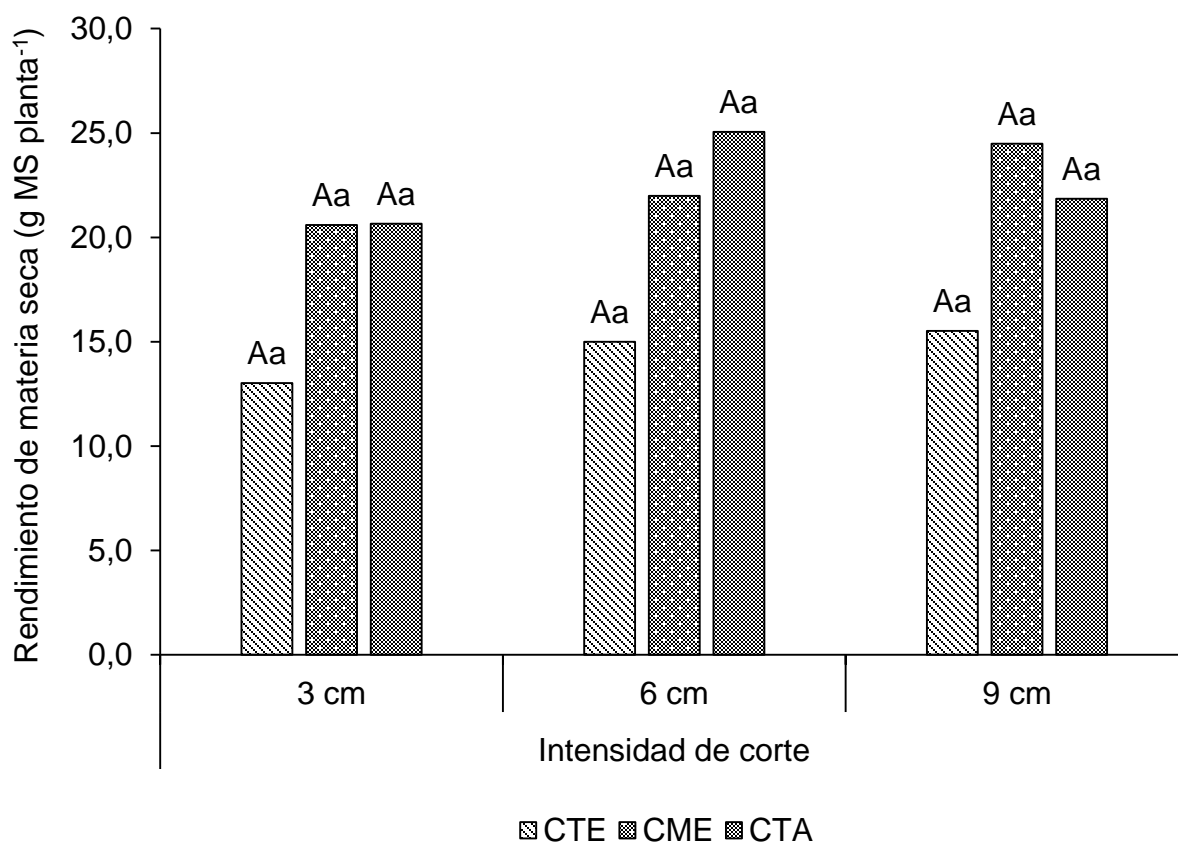


Figura 2. Rendimiento de materia seca de *Lotus corniculatus* L., sometido a tres frecuencias de cosecha: CTE = Corte temprano (28 días), CME = Corte medio (35 días), CTA = Corte tardío (42 días) y tres intensidades de corte (3, 6 y 9 cm), en verano en condiciones de invernadero. Letras mayúsculas y minúsculas sobre las barras,

dentro de cada IC comparan FC y componentes morfológicos, respectivamente (Tukey; $p < 0.05$).

4.2 Composición Morfológica

En la Figura 6, se observa la aportación en porcentaje al rendimiento de forraje de cada uno de los componentes morfológicos de *L. corniculatus*, la hoja es el componente que presentó mayor porcentaje de MS en todas las frecuencias e intensidades de cosecha. Lo que favorece la producción de este cultivo ya que las hojas son las portadoras de la mayor cantidad de nutrientes que son aprovechados por el consumo animal, seguidas de los tallos y material muerto que para tal caso la producción fue nula.

Comparando los resultados entre las IC obtuvo que la hoja presentó mayor rendimiento de MS numéricamente fue en la IC a 9 cm en el CME con 18 g MS planta⁻¹ que en porcentaje corresponde al 73 %, mientras que la menor producción de MS de obtuvo en la IC de 3 cm en el CTE con 9 g MS planta⁻¹ con 69 %. Sin embargo, estadísticamente el que fue menor fue en el CTE a IC de 6 cm., lo mismo que sucedió con el tallo, no obstante, numéricamente para el tallo se mostró menor rendimiento de MS fue en los CTE en la IC a 9 cm con 3 g MS planta⁻¹, por su parte el material muerto solo se obtuvo en CTA para las tres IC.

En contraste, Sánchez *et al.* (2023) reportó que todas las frecuencias y alturas de corte, la que aportó mayor cantidad fue la hoja, seguida del tallo y el material muerto, obteniendo valores mínimos sin presentar diferencia ($p > 0.05$). También, se observó que el CTE fue el que presentó menor aportación de componentes morfológicos en las tres intensidades de corte, mismos resultados que se están reportando en la investigación, sin embargo, respecto a los tratamientos; la IC a 9 cm presentó menor rendimiento en todas las frecuencias, con un valor promedio de 4.5 g MS planta⁻¹ para la hoja y 1.4 g MS planta⁻¹ para el tallo, esto fue gracias a que obtuvo

una mayor altura residual y por ende se aprovechó menor cantidad de forraje. En cambio, en verano la IC de 3 cm fue la que aportó menor RMS.

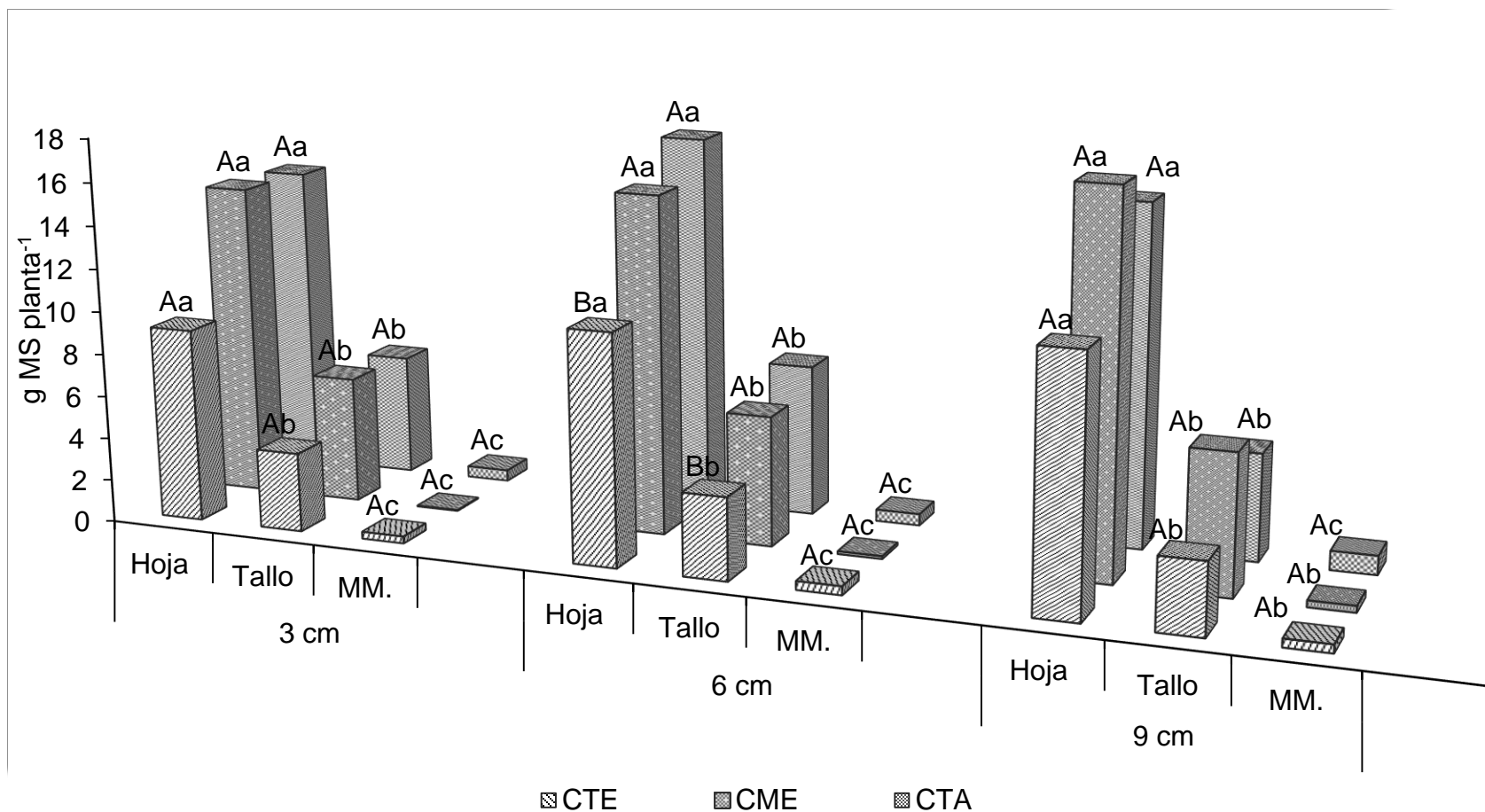


Figura 3. Composición morfológica (g MS planta⁻¹) de *Lotus corniculatus* L., a tres frecuencias de cosecha: CTE = Corte temprano (28 días), CME = Corte medio (35 días), CTA = Corte tardío (42 días) y tres intensidades de corte (3, 6 y 9 cm), en verano, en condiciones de invernadero. (MM = Material muerto). Letras mayúsculas y minúsculas sobre las barras, dentro de cada IC comparan FC y componentes morfológicos, respectivamente (Tukey; p<0.05).

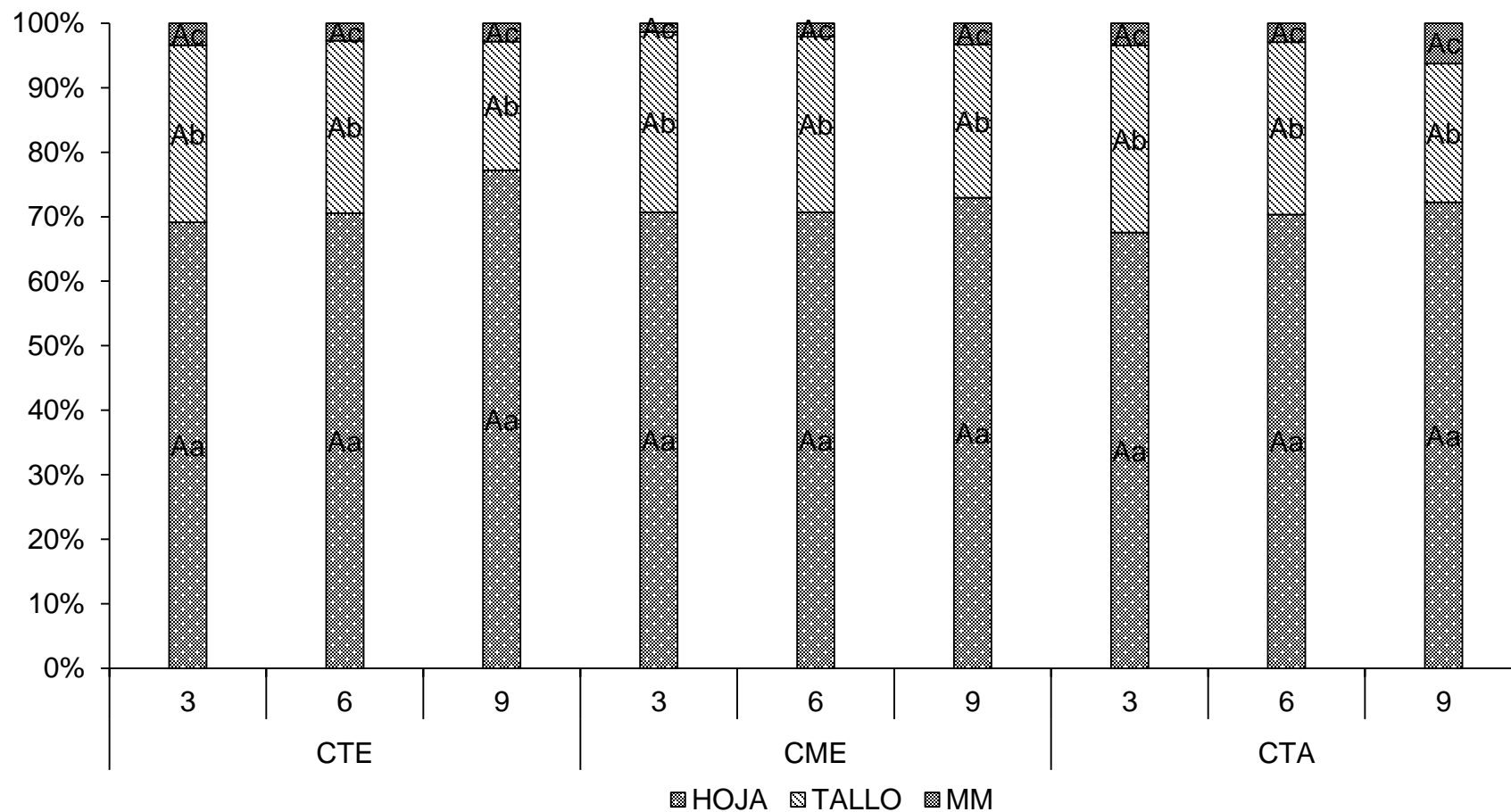


Figura 4. Composición morfológica (%) de *Lotus corniculatus* L., a tres frecuencias de cosecha: corte. CTE = Corte temprano (28 días), CME = Corte medio (35 días), CTA = Corte tardío (42 días) y tres intensidades de corte (3, 6 y 9 cm), en verano, en condiciones de invernadero. MM = Material muerto. Letras mayúsculas y minúsculas sobre las barras, dentro de cada IC comparan FC y componentes morfológicos, respectivamente (Tukey; $p < 0.05$).

En este estudio, en verano la IC de 9 cm en el CME fue el que aportó mayor cantidad de hoja con 18 g MS planta⁻¹. Esto se sustenta con la opinión de Álvarez *et al.* (2020) ya que él menciona que el menor rendimiento de forraje correspondió a un corte fijo (33 días) con 27 % respecto al promedio de tres porcentajes de luz interceptada, lo cual está asociado a un intervalo de cosecha menor a 33 días (corte fijo), en comparación a un intervalo de cosecha de 70 días, lo que indica que la planta no responde positivamente a un corte temprano.

4.3 Relación hoja:tallo

En la Figura 5, se muestra la relación de la hoja respecto al tallo (R:H/T) en *L. corniculatus* en las tres frecuencias de corte (CTE = corte temprano, CME = corte medio, CTA = corte tardío) en sus tres intensidades de corte (3,6 y 9 cm). Donde no se mostraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$). Por su parte Barbosa, *et al.*, (2011), reportan una relación hoja:tallo mayor en estaciones donde el crecimiento en las plantas es menor (otoño e invierno), debido a una mayor densidad de tallos, pero de menor peso; además, una relación hoja:tallo menor en primavera y verano resulta de un peso individual de tallos mayor. En un estudio comparativo de tres genotipos de *L. corniculatus*, en campo abierto Gómez (2022), encontró que el genotipo 255301 cosechado a 35 días en primavera, presentó una mayor relación de hoja respecto al tallo de 3.2, cuando la planta se defolvió a una altura de 6 cm. Lo mismo ocurrió en verano en el CME a 35 días se presentó la mayor relación de hoja:tallo en las tres IC. Por su parte Laureano (2022), bajo las mismas condiciones experimentales de Gómez (2022) pero en las estaciones de otoño (35 días) e invierno (84 días), la R:H/T fue mayor para el genotipo 255301 con valor de 4.3 en otoño, de la misma manera para la estación de invierno con 3.1 para este experimento en verano la mayor producción de hoja se obtuvo con el CME en sus tres IC.

Acuña y Cuevas (1999) de acuerdo con, su investigación con tres genotipos de *L. corniculatus* señalan que el efecto de la frecuencia de corte sobre las variables de crecimiento fue más marcado en relación con la densidad de puntos de crecimiento

por unidad de área, *L. corniculatus* y *Lotus tenuis*, muestran valores significativamente mayores en frecuencia de seis semanas lo cual, solo en el caso de *L. tenuis* se asocia con una mayor tasa de aparición de hojas. En cambio, en el caso de *L. corniculatus* y *L. uliginosus* la relación entre densidad de puntos de crecimiento y tasa de aparición de hojas es inversa. Como en la axila de cada hoja existe una yema que puede o no dar origen a una nueva rama, esto está relacionado con el estado fenológico de la planta al momento del corte; las tasas de senescencia de hojas y de muerte de tallos a nivel de suelo y sombreadamiento.

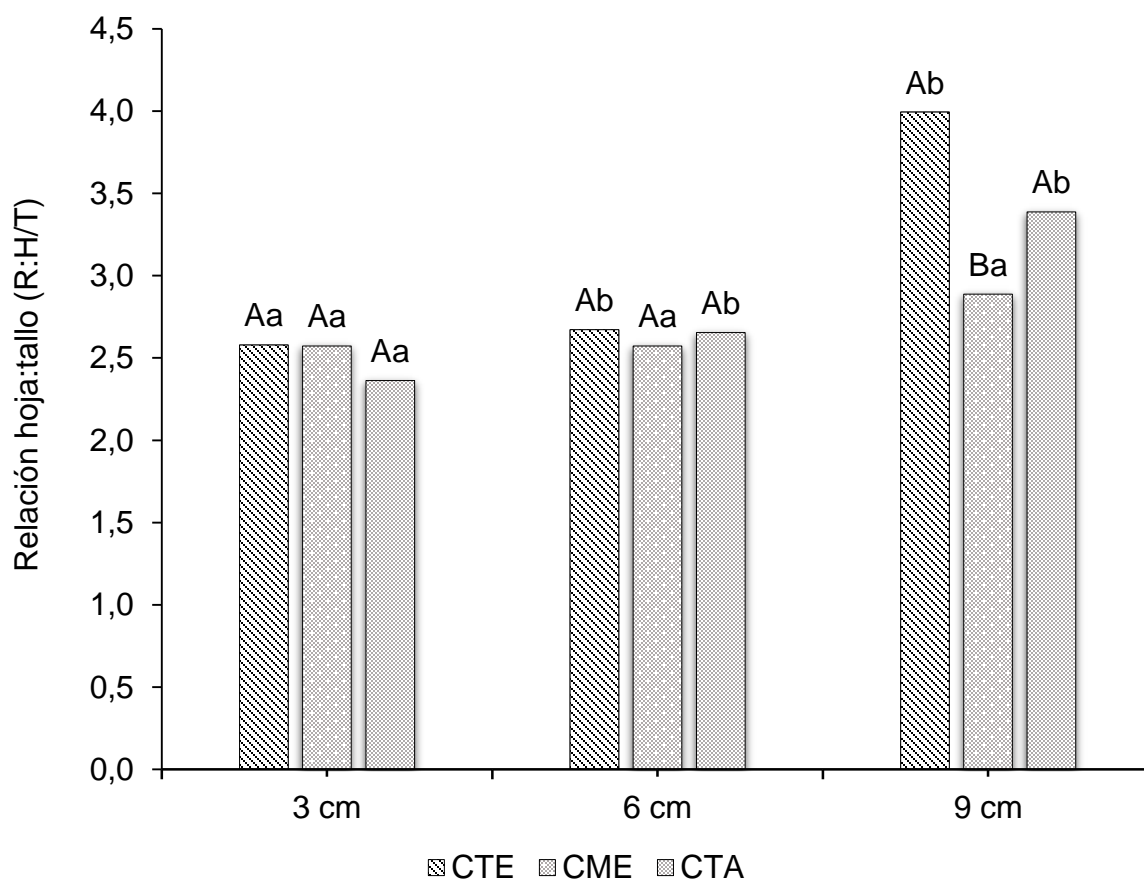


Figura 5. Relación hoja-tallo (R:H/T) de *Lotus corniculatus* L., a tres frecuencias de cosecha: CTE = Corte temprano (28 días), CME = Corte medio (35 días), CTA = Corte tardío (42 días) y tres intensidades de corte (3, 6 y 9 cm), en verano, en condiciones de invernadero. Letras mayúsculas y minúsculas sobre las barras, dentro de cada IC comparan FC y componentes morfológicos, respectivamente (Tukey; $p < 0.05$).

4.4 Peso de hoja por tallo y peso de tallo individual

La Figura 6, representa el peso de la hoja por tallo de *L. corniculatus* en las diferentes frecuencias (CTE = corte temprano, CME = corte medio, CTA = corte tardío) e intensidades de cosecha (3,6 y 9 cm). En esta variable no se presentaron diferencias ($p>0.05$) en las FC para CME, CTA en el peso de la hoja sin embargo para CTE si mostro diferencias estadísticas para las tres IC con un promedio de 0.046 g MS planta⁻¹. En promedio las frecuencias CME y CTA fueron mayores ($p<0.05$) con un promedio de 0.08 g MS planta⁻¹, mientras tanto el CTE mostró un menor peso de hoja obteniendo un promedio de 0.046 g MS hoja tallo⁻¹ siendo el valor promedio más bajo. Entre los promedios de IC (3, 6 y 9 cm) no se muestra diferencias estadísticas significativas con valores de 0.02, 0.02 y 0.03 g MS hoja tallo⁻¹ respectivamente.

Por otra parte, en la figura 7, se muestra el peso del tallo individual no se presentaron diferencias ($p>0.05$) entre las frecuencias CTE, CME y CTA con un promedio de 0.03 g MS tallo⁻¹ para ambos. Respecto a las IC dentro de cada FC tampoco se presentaron diferencias ($p>0.05$), lo mismo sucedió entre los promedios de cada altura de corte, obteniendo un promedio de 0.03 g MS tallo⁻¹. De acuerdo con Guzmán, *et al.*, (2021), reportaron que el peso del tallo individual incrementa conforme avanza la edad de la planta, los mayores pesos promedios se registraron a partir de los 28 y los menores en los 7, 14 y 21 días de rebrote, en su estudio el genotipo 255301 fue a partir de los 42 días de rebrote. Esta afirmación fue comprobada en este estudio el cual se aprecia en el (cuadro 7 anexos) a medida que avanza la edad de la plata los pesos de los tallos fueron mayores.

Acuña y Cuevas (1999), en su investigación de tres especies del género *Lotus* con dos diferentes FC donde encontraron que el peso seco de la lámina, el cual fue significativamente mayor con una frecuencia de 6 semanas para *L. corniculatus* y *L. uliginosus* con un valor de 9.69 y 12.59 mg cm⁻² y para las 8 semanas 7.62 y 7.60 mg cm⁻², no hubo diferencia entre las dos frecuencias de 6 y 8 semanas para *L. tenuis* con 7.89 y 7.70 mg cm⁻², respectivamente, esto está relacionado con las dimensiones

de las hojas, se podría concluir que la fito masa fue mayor en la frecuencia de 6 semanas versus 8 semanas en las especies evaluadas. Este autor menciona que conforme avanza la edad de la planta, hay una competencia intraespecífica por luz, nutrientes y espacio, lo que ocasiona que, a edades tempranas, los tallos tienen menor peso, pero hay mayor cantidad de estos, caso contrario a una edad madura de los macollos, con menos tallos, pero de mayor peso (Castro *et al.*, 2013).

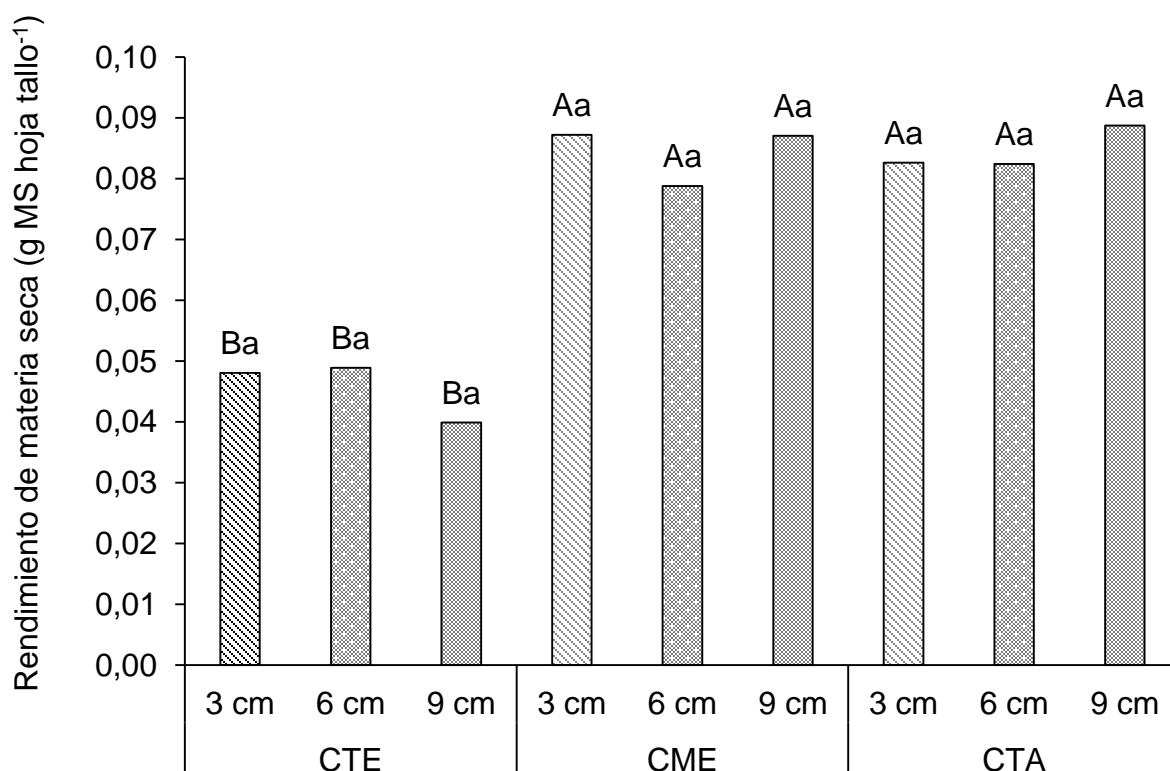


Figura 6. Peso seco de hoja (g MS hoja tallo⁻¹) de *Lotus corniculatus* L., sometido a tres frecuencias de cosecha: CTE = Corte temprano (28 días), CME = Corte medio (35 días), CTA = Corte tardío (42 días) y tres intensidades de corte (3, 6 y 9 cm), en verano, en condiciones de invernadero. Letras mayúsculas y minúsculas sobre las barras, dentro de cada IC comparan FC y componentes morfológicos, respectivamente (Tukey; $p < 0.05$).

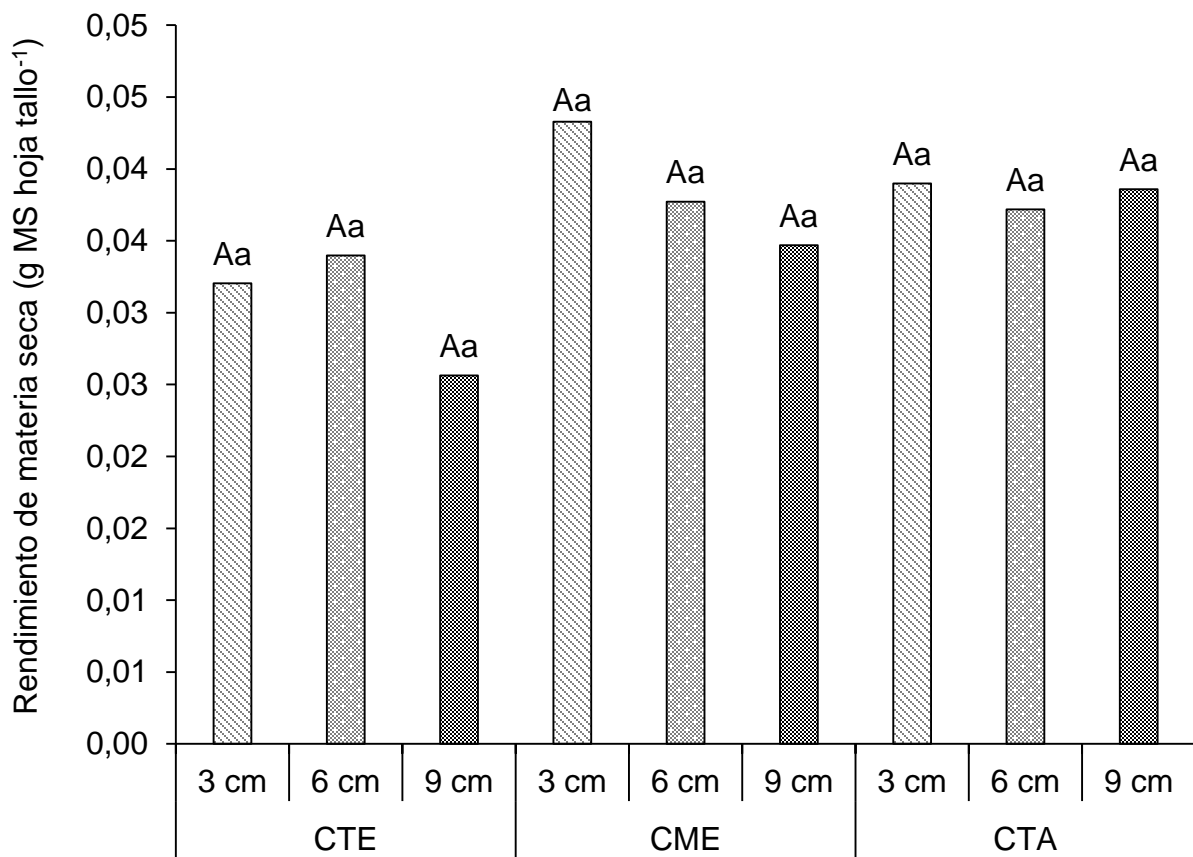


Figura 7. Peso seco de tallo individual (g MS tallo⁻¹) de *Lotus corniculatus* L., sometido a tres frecuencias de cosecha: CTE = Corte temprano (28 días), CME = Corte medio (35 días), CTA = Corte tardío (42 días) y tres intensidades de corte (3, 6 y 9 cm), en verano, en condiciones de invernadero. Letras mayúsculas y minúsculas sobre las barras, dentro de cada IC comparan FC y componentes morfológicos, respectivamente (Tukey; $p < 0.05$).

4.7 Altura de planta

La Figura 8 representan las alturas de planta de *Lotus corniculatus* se observa que no se encontraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre las IC y las FC evaluadas, pero si diferencias numéricas dentro de cada frecuencia si se obtuvieron diferencias siendo el CTE la frecuencia que mayor altura registro en la IC 6 cm con 20.6 cm a comparación del CME y CTA con alturas de 16.6 y 15.9 cm en promedio respectivamente.

También las mayores y menores alturas están relacionadas con las condiciones de clima donde se desarrollen las plantas, como fotoperiodo, temperatura y humedad (Parsons *et al.*, 2011), este tipo de plantas en condiciones favorables aceleran su crecimiento y presentan cambios en la altura y rendimiento. De acuerdo con García *et al.*, (2014) registraron las mayores alturas de planta en un rango de temperaturas mínimas de 14 °C y máximas de 30 °C, mostrando que el crecimiento de la especie *Lotus corniculatus*, disminuye con el descenso de la temperatura. Alison y Hoveland (1989) muestran un elevado incremento del rendimiento al aumentar la altura de 5 a 10 cm, especialmente cuando la frecuencia de corte fue de 6 semanas con respecto a 3 semanas. Estos autores encontraron, diferencias marcadas debidas a frecuencia y altura de cortes, entre variedades de *L. corniculatus* de diferentes hábitos de crecimiento.

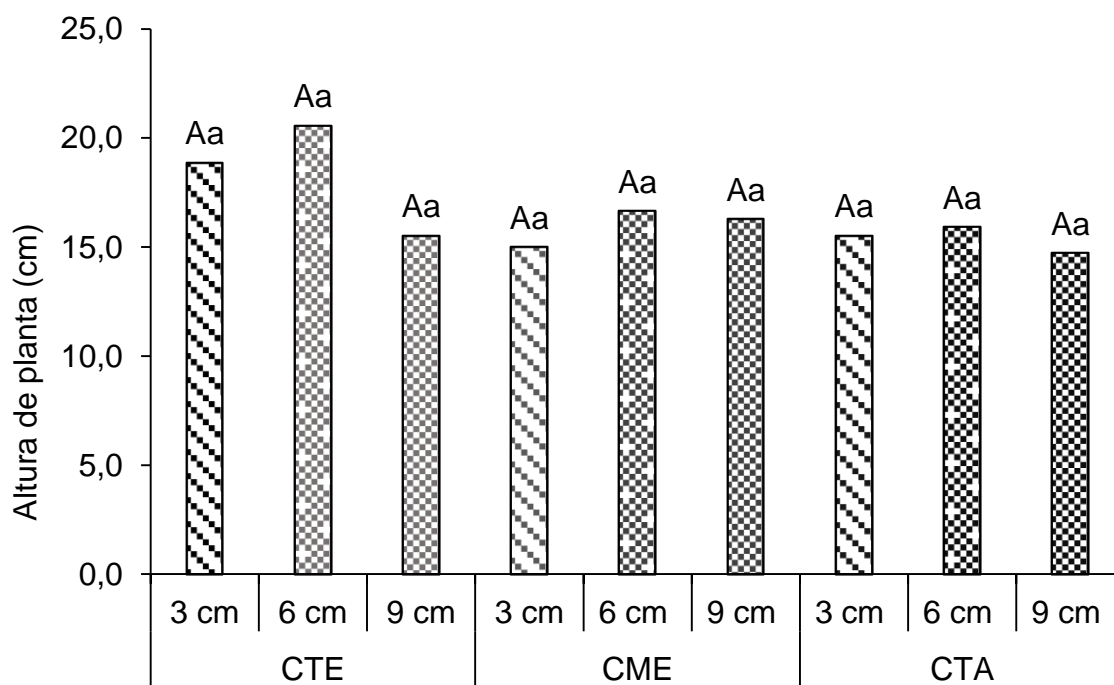


Figura 8. Altura (cm) de *Lotus corniculatus*, sometido a tres frecuencias de cosecha: CTE = Corte temprano (28 días), CME = Corte medio (35 días), CTA = Corte tardío (42 días) y tres intensidades de corte (3, 6 y 9 cm), en verano, en condiciones de invernadero. Letras mayúsculas y minúsculas sobre las barras, dentro de cada IC comparan FC y componentes morfológicos, respectivamente (Tukey; $p < 0.05$).

V. CONCLUSIONES

En rendimiento de forraje, peso de tallo y la altura de planta no fueron afectados por las intensidades y frecuencias de corte. Sin embargo, el peso de hoja por tallo y la relación hoja-tallo, si presentaron efectos por intensidad de frecuencia, en cortes de 42 días donde registro un menor peso de hoja por tallo en las tres intensidades, aunque estadísticamente no se presentaron diferencias numéricamente el que mayor rendimiento de MS apporto fue a 35 días a intensidad de 9 cm. En efecto en cortes de 28 días, las plantas no responden a la capacidad de recuperarse fácilmente de cortes tempranos y por ende sus rendimientos son menores.

La hoja fue el componente que más aportó al rendimiento total de forraje con más del 73 %, seguida por el tallo, una mínima cantidad de material muerto. En las variables, altura el CTA para las tres IC es el menos recomendable y peso seco de hoja y tallo individual, la frecuencia de CTE obtuvo los valores más bajos para las tres intensidades, por el contrario, en la relación hoja:tallo el menos recomendable es a 35 días de corte en intensidad de 9 cm.

VI. LITERATURA CITADA

- Acuna, H., Cuevas, G. (1999).** Effect of height and frequency of defoliation, using cutting and grazing, on the growth and productivity of three *Lotus* species in clay soils. *Agricultura Técnica (Chile)*. 59(4), 296-308 p. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CL2000000190>
- Aguilar, S. O. (2023).** Rendimiento de forraje de *Lotus corniculatus L.* al variar la frecuencia e intensidad de cosecha en primavera. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. p.50.
- Álvarez, V. P., Guerrero R. J. D. D., García, D. L. S. G., Ortega, C. M. E., Mendoza, P. S. I., y Joaquín, C. S. (2020).** Acumulación de forraje de *Lotus corniculatus L.*, en función a diferentes estrategias de cosecha. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(4), 1087-1100.
- Álvarez, V. P., Mendoza, P. S. I., Santos, G. G. D. L., Guerrero, R. J. D. D., Rojas, G. A. R., y Encina, D. J. A. (2020).** Respuesta productiva de trébol pata de pájaro en función del porcentaje de luz interceptada. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(SPE24), 105-116.
- Álvarez, V. P., García, D. L. S. G., Guerrero, R. J. D. D., Mendoza, P. S. I., Ortega, C. M. E., y Hernández, G. A. (2018).** Comportamiento productivo de *Lotus corniculatus L.* dependiente de la estrategia de cosecha. *Agrociencia*, 52(8), 1081-1093.
- Artola, A. (2004).** *Lotus corniculatus*-Morfología, desarrollo y producción de semillas. [Morphology, development and production of seeds]. *Ciencia*. <http://www.ciencia.net/VerArticulo/Lotus-corniculatus-Morfolog%C3%ADa>
- Ayala, W., González, S., Monteagudo, M., Bermúdez, R. (2003).** Renovación de mejoramientos de campo de trébol Blanco y *Lotus*. Resultados 2002. En: Jornada anual de producción animal: resultados experimentales. Treinta y

Tres: INIA. 1-18 p. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=UY2006005171>

Ayala, W., Carámbula, M. (2009). El valor Agronómico del genero *Lotus*. Instituto de investigaciones Agropecuarias INIA, Uruguay. 424 p.

Baguet, H. A., Bavera, G. A. (2001). Fisiología de la planta pastoreada. facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad del Río Cuarto. Provincia de Córdoba, Argentina.
http://www.produccionovina.com.ar/produccioymanejopasturas/pastoreosistemas/04fisiologia_de_la_planta_pastoreada.htm

Barry, T. N., McNabb, W. C. (1999, May). The effect of condensed tannins in temperate forages on animal nutrition and productivity. In Aciar Proceedings. 30-35p. ACIAR; 1998.

Becerra, J. B., Montero, J. C. A. (1992). Efecto de la severidad de defoliación sobre la producción de forraje y los carbohidratos de reserva en especies forrajeras tropicales. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 30(2), 125-132 p.
<https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/3608>

Bernal, J. (1976). Algunos aspectos de fisiología de semillas forrajeras. En: Seminario sobre producción de semillas forrajeras. Maracay Venezuela: Serie: Informes de conferencias, cursos y reuniones. No. 99. 25-37 p.

Brady, N.C. (1974). The Nature and Properties of soils. McMillan Publish CO. New York. 8th Edition. 639 p.

Briske, D. D. (1991). Development morphology and physiology of grasses. In: Grazing Management: an ecological perspective. Heitschmidt, R. K., Stuth J. W. (ed.). Timber Press, Portland, Oregon, USA. 85-108 p.

Canals, R; Peralta, J. y Zubiri, E. (2009). Flora pratense y forrajera cultivada de la península Ibérica. UNAVARRA, Pamplona, España,

<https://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/inicio.htm> 2 p. (22 de julio del 2022).

Cárdenas, R. E. (2011). *Lotus*; nueva leguminosa forrajera para los sistemas lecheros de clima frío y zonas templadas. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Editorial Produmedios.

Castillo, A. (2012.). Generación de híbridos interespecíficos de *L. uliginosus* x *L. corniculatus* y evaluación de la respuesta a déficit hídrico. Tesis de doctorado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ciencias. 119 p. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/3933/1/uy24-16039.pdf>

Castillo C. C. (2021). Reproducción vegetativa y comportamiento productivo de trébol pata de pájaro (*Lotus Corniculatus* L.) (Doctoral dissertation). 12- 26 p. http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/4642/Castillo_C_abrera_C_MC_Ganaderia_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cibils, M.J., Lorenzo, D. J. M. (2018). Identificación de especies de *Lotus* mediante marcadores moleculares. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/20701/1/CibilsMontesJuan.pdf>

Criado, C. A. (2014). *Lotus* “Pampa” INTA. Una herramienta de trabajo para los suelos bajos-inundables. Publicación Técnica INTA. EEA Cuenca del Salado. Ediciones INTA. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/suelos_salinos/28-Lotus_Pampa.pdf

USDA (2011). Taxonomía del birdsfoot trefoil Departamento de agricultura de los Estados Unidos. Disponible en <http://www.USDA-NRCA/2011/lotuscorniculatus/>

Enríquez, Q. J. F., Esqueda, V. A. E., Bolaños, E. D. A. (2020). Leguminosas forrajeras para mejorar la alimentación de bovinos en el trópico de México. Medellín, Ver.:

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. [https://vun.inifap.gob.mx/VUN_MEDIA/BibliotecaWeb/media/desplegableproductores/12288 Desplegable para Productores Num. 118 Digital ok.pdf](https://vun.inifap.gob.mx/VUN_MEDIA/BibliotecaWeb/media/desplegableproductores/12288%20Desplegable%20para%20Productores%20Num.%20118%20Digital%20ok.pdf)

Ferreira, R. D. P., Karam, D., Tupy, O., Fonseca, D. D., Kuwahara, F. A., y Pereira, A. (2022). Manejo de forraje. 7 p. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1144842/1/ManejoForraje.pdf>

Formoso, F. (1993). *Lotus corniculatus*; performance forrajera y características agronómicas asociadas. Montevideo, INIA. 37: 1-23 p. <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807121236.pdf>

García, B. D. V., Guerrero, R. J. de D., García, S. G., Lagunes, R. S. A. (2015). Rendimiento y calidad de forraje de genotipos de *Lotus corniculatus* en el Estado de México. *Nova Scientia*, 7(13), 170-189 p. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200707052015000100010&lng=es&tlng=es.

Guerrero, R. J. D., Vargas, L. S., Bustamante, G. A., Castro, G. N. P., (2018). Leguminosas forrajeras: opciones para la producción de rumiantes en el Estado de Puebla. 17 p. <https://revistaagroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/download/603/472/1094>

Hernández, G. A., Martínez, H. P. A., Zaragoza, E. J., Vaquera, H. H., Osnaya, G. F., Joaquín, T. B. M., y Velazco, Z. M. (2012). Caracterización del rendimiento de forraje de una pradera de alfalfa-ovillo al variar la frecuencia e intensidad del pastoreo. *Revista fitotecnia mexicana*, 35(3), 259-266 p. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v35n3/v35n3a9.pdf>

- Hernández, G. A. (1996).** La importancia del manejo del pastoreo en la producción de forraje y leche en clima templado de Nueva Zelanda. Segundo Reencuentro de Zootecnistas. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. 71-90 p.
- Hernández, M. E. (2014).** Dinámica de crecimiento del trébol blanco bajo condiciones de pastoreo. Tesis maestría. COLPOS, Montecillo, Texcoco. 89 p.
http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/2475/Hernandez_Moreno_E_MC_Ganaderia_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Jiménez, M. A. y Martínez, H. P. A. (1984).** Utilización de praderas. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 4-6 p.
- Jones, D. A. y Turkington, R. (1986).** *Lotus corniculatus* L. Journal of Ecology, 74(4), 1185-1212 p.
- Kelman, W.M., M.J. Blumenthal and C.A. Harris. (1997).** Genetic variation for seasonal herbage yield, growth habit, and condensed tannins in *Lotus pedunculatus* Cav. and *Lotus corniculatus* L. Australian Journal of Agricultural Research. 48: 959-968 p.
<https://www.publish.csiro.au/cp/A97024>
- Laureano, O. J. (2022).** Producción de forraje de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L. en el sureste de Coahuila México. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. p.59.
- Maroso, R. P., S. Meredith SB., and M. Carneiro C. (2007).** Rebrotas de *Lotus spp.* de diferentes hábitos de crecimiento. Revista Brasileira de Zootecnia. 36(5):1524-1531 p.
<https://www.scielo.br/j/rbz/a/pkHsfSmBrQ6Zq4rxm74TdZJ/?format=pdf&lang=pt>
- Mendoza, P. S. I., Hernández, G. A., Rojas, G. A. R., Vaquera, H. H., Ramírez, R. O., y Castro, R. R. (2018).** Comportamiento productivo de pasto ballico perenne solo y asociado con pasto ovillo y trébol blanco. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 9(2), 343-353 p.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342018000200343

Mendoza, P. S. I. (2008). Dinámica de crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferente frecuencia de corte. Tesis maestría. COLPOS. Montecillo, Texcoco, México. 123 p.

http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/1581/1/Mendoza_Pedro_za_SI_MC_Ganaderia_2008.pdf

Menéndez, V. (2006), "*Lotus corniculatus* L.". Asturnatura.com [en Línea]. Num. 81. 4 p. Disponible en asturnatura.com. ISSN 1887-5068

<https://www.asturnatura.com/especie/lotus-corniculatus>

Muttoni, P. G. (2008). Evaluación bioquímica y fisiológica de poblaciones de *Lotus corniculatus* L. sensibles y tolerantes a sequía. 82 p.

<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/27731/1/MuttoniPastorinoGerm%C3%A1n.pdf>

Naydenova, G.; Vasileva, V. and Mitev, D. 2015. Productivity of Bulgarian pasture ecotypes perennial legumes. J. Mountain Agric. Balkans. 18(6):972-982.

Otero, M. J., y Hidalgo, L. G. (2004). Taninos condensados en especies forrajeras de clima templado: efectos sobre la productividad de rumiantes afectados por parasitosis gastrointestinales. Livestock Research for Rural Development, 16(2), 1-9 p. <http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd16/2/oter1602.htm>

Passioura, J. B. (1982). Water in the soil-plant atmosphere continuum. In: O. L. Lange, P. S. Nobel, C. B. Osmond, and H. Ziegler (eds.), Physiological plant ecology II. Water relations and carbon assimilation. Springer Verlag, New York. 12:5-33 p.

Ramírez, R. C. A., Kemp, P.D., Barry, T.N., y López, V. N. (2006). Producción de *Lotus corniculatus* L. bajo pastoreo en un ambiente agrícola de secano. Revista de Investigación Agrícola de Nueva Zelanda, 49 (1), 89-100 p.

- Rebuffo, A. M. M. (2005).** Alfalfa: principios de manejo del pastoreo. Revista INIA-Nº, 5, 2 p.
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807160553.pdf>
- Rebuffo, M. (1991).** *Lotus* en el Uruguay. 1er Simposio Argentino del Género Lotus. INTEC II. Chascomús. Buenos Aires. 43-44 p.
- Rojas, G. A. R., Torres, S. N., Maldonado, P. M. D. L. Á., Herrera, P. J., Sánchez, S. P., Cruz, H. A. y Hernández, G. A. (2019).** Rendimiento de forraje y sus componentes en variedades de alfalfa en el altiplano de México. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 10(1), 239-253 p.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242019000100239&script=sci_arttext
- Romero, L. (2023).** Pasturas templadas y tropicales, UAAAN. 34 p XXI curso internacional de lechería para profesionales de américa latina.
<file:///C:/Users/UAAAN/Downloads/luis%20romero.pdf>
- Ruiz, I. (1996).** Frecuencia de utilización y residuo postutilización. Ruíz, I. Praderas para Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago. Chile. 210-217 p.
- Saibro, J.C. (1991).** Regímenes de corte y fertilización de Cornichao (*Lotus corniculatus*) en monocultivo intercalado con paugola (*digitaria decumbens* stent) en la región de la depresión central de Rio Grande do Sul, Brasil. 1er Simposio Argentino del Genero *Lotus*. INTEC II. 45-46
- Sánchez, Q. E. (2023)** Efecto de la frecuencia e intensidad de corte en el rendimiento de *Lotus curniculatus* L., en invierno. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. p.49
- Sánchez, M. E. (2013).** Evaluación forrajera de doce colectas de *Lotus corniculatus* L. en la región de Tlatlauquitepec, Puebla (Bachelor's thesis). 56 p.

<https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20.500.12371/12562/44516TL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Santacoloma, V. L. E., Granados, M. J. E. y Aguirre, F. S. E. (2017). Evaluación de variables agronómicas, calidad del forraje y contenido de taninos condensados de la leguminosa *Lotus corniculatus* en respuesta a biofertilizante y fertilización química en condiciones agroecológicas de trópico alto andino colombiano. *Entramado*, 13(1). <https://doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25136>

Santiñaque, F. H., y Battista, J. P. (2003). Niveles de agua y frecuencias de defoliación en el comportamiento de *Lotus corniculatus* L. *Agrociencia Uruguay*, 7(1), 41-51 p. <https://agrocienciauruguay.uy/index.php/agrociencia/article/view/1037>

Schnellmann, L. P., O Verdoljak, J. J., Bernardis, A., Martínez-González, J. C., y Castillo-Rodríguez, S. P. (2019). Frecuencia y altura de corte en *Panicum maximum* cv *Gatton Panic*. *Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 553-562 p. https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/5630/INTA_CRChaco-Formosa_EEASaenzPe%C3%B1a_Schnellmann_LP_Frecuencia_y_altura_de_corte_en_Panicum_maximum_cv_Gatton_Panic.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Seaney, R.R. and Henson, P.R. (1970). Birdsfoot trefoil. *Advances in Agronomy*. 22: 119-157 p. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065211308602679>

Silveira, D. (2011). Caracterización agronomica de las leguminosas más utilizadas en el Uruguay. Ing. Grupo Disc. de Producción y Utilización de Pasturas Dpto. de Produccion Animal y Pasturas Est Exp. Leguminosas. 48 p.

Sixto, H., Hernández, M. J., Barrio, M., Carrasco, J., y Cañellas, I. (2008). Plantaciones del género *Populus* para la producción de biomasa con fines energéticos: revisión. *Forest Systems*. 16(3): 277-294 p. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-005-5084-0>

Villegas, A. Y., Hernández, G. A., Martínez, H. P. A., Pérez, P. J., Herrera, H. J. G., y López, C. C. (2006). Rendimiento de forraje de variedades de alfalfa en dos calendarios de corte. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 29(4), 369-369 p. <https://revfitotecnia.mx/index.php/RFM/article/view/809>

Yrausqun, X., Páez, A., Villasmil, J., Urdaneta, M. (1995). Comportamiento fisiológico del pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) sometido a diferentes frecuencias y alturas de corte. I. Distribución de biomasa y análisis de crecimiento. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 12, 314.

Zaragoza, E. J. A. (2000). Crecimiento y acumulación de forraje de los pastos Ballico *Lolium perenne* L. y Ovillo *Dactylis glomerata* L. a diferentes frecuencias de corte. Doctoral dissertation, Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. México.

VII. ANEXOS

Cuadro 3. Rendimiento de materia seca (g MS planta⁻¹) de *Lotus corniculatus* L., sometido a diferentes frecuencias de corte (FC) e intensidades de cortes (IC) en verano, en condiciones de invernadero.

FC	Intensidad de corte (IC)			Promedio	Sig.	EEM	DMS
	3 cm	6 cm	9 cm				
CTE	13 ^{Aa}	15 ^{Ba}	15 ^{Aa}	14 ^A	0.15	2	5
CME	20 ^{Aa}	22 ^{Aa}	24 ^{Aa}	22 ^A	0.03	4	9
CTA	20 ^{Aa}	25 ^{Aa}	21 ^{Aa}	22 ^A	0.72	4	8
Promedio	18 ^a	20 ^a	20 ^a	19	0.18	4	9
Sig.	<.0001	0.08	0.43	0.72			
EEM	2	3	6	4			
DMS	5	8	14	8			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la fila, no difieren ($p > 0.05$). Sig. = Significancia. EEM = Error Estándar. DMS = Diferencia Mínima Significativa. CTE = corte temprano (28 semanas). CME = corte medio (35 semanas) y CTA = corte tardío (42 semanas).

Cuadro 4. Porcentajes de aportación de los componentes morfológicos al rendimiento de forraje de *Lotus corniculatus* L., a diferentes frecuencias de corte (FC) e intensidades de corte (IC) en verano en condiciones de invernadero, en el sureste de Coahuila, México.

FC	Componente morfológico			Sig.	EEM	DMS
	Hoja	Tallo	M.M.			
Intensidad d cosecha de 3 cm						
CTE	69A ^a	27 ^{Ab}	3 ^{Ac}	<.0001	3.1	6.8
CME	71A ^a	28 ^{Ab}	1 ^{Ac}	<.0001	2.4	5.2
CTA	70A ^a	29 ^{Ab}	3 ^{Ac}	<.0001	3.1	6.8
Promedio	69 ^a	28 ^b	3 ^c	<.0001	2.0	4.3
Sig.	0.1	0.7	0.3			
EEM	1.9	2.6	2.0			
DMS	4.2	5.8	4.3			
Intensidad d cosecha de 6 cm						
CTE	71 ^{Aa}	27 ^{Ab}	3 ^{Ac}	<.0001	4.2	9.0
CME	71 ^{Aa}	27 ^{Ab}	2 ^{Ac}	<.0001	3.3	7.3
CTA	70 ^{Aa}	27 ^{Ab}	3 ^{Ac}	<.0001	4.0	8.8
Promedio	70 ^a	27 ^b	3 ^c	<.0001	2.9	6.3
Sig.	0.3	0.6	0.09			
EEM	3.4	2.1	1.8			
DMS	7.4	4.6	4.07			
Intensidad d cosecha de 9 cm						
CTE	77 ^{Aa}	20 ^{Ab}	3 ^{Ac}	<.0001	3.0	6.5
CME	73 ^{Aa}	24 ^{Ab}	3 ^{Ac}	<.0001	4.3	9.4
CTA	72 ^{Aa}	22 ^{Ab}	6 ^{Ac}	<.0001	6.0	13.0
Promedio	74 ^a	22 ^b	4 ^c	<.0001	2.7	5.8
Sig.	0.12	0.16	0.90			
EEM	3.3	2.4	4.9			
DMS	7.2	5.1	10.6			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la fila, no difieren ($p>0.05$). Sig. = Significancia. EEM = Error Estándar. DMS = Diferencia Mínima Significativa. CTE = corte temprano (28 semanas). CME = corte medio (35 semanas) y CTA = corte tardío (42 semanas).

Cuadro 5. Aportación de los componentes morfológicos (g MS ha⁻¹) de *Lotus corniculatus* L., a diferentes frecuencias de corte (FC) e intensidades de corte (IC) en verano en condiciones de invernadero, en el sureste de Coahuila, México.

FC	Componente morfológico			Sig.	EEM	DMS
	Hoja	Tallo	M.M.			
Intensidad d cosecha de 3 cm						
CTE	9 ^{Aa}	4 ^{Ab}	0 ^{Ac}	0.0002	0.9	2.1
CME	15 ^{Aa}	6 ^{Ab}	0 ^{Ac}	0.0015	2.3	5.1
CTA	14 ^{Aa}	6 ^{Ab}	1 ^{Ac}	0.0005	1.7	3.8
Promedio	13 ^a	5 ^b	0 ^c	0.0002	1.3	2.8
Sig.	0.21	0.57	0.24			
EEM	3.40	1.93	0.33			
DMS	7.38	4.20	0.72			
Intensidad d cosecha de 6 cm						
CTE	11 ^{Ba}	4 ^{Bb}	0 ^{Ac}	<.0001	0.9	1.9
CME	16 ^{Aa}	6 ^{Ab}	0 ^{Ac}	<.0001	1.1	2.5
CTA	17 ^{Aa}	7 ^{Ab}	1 ^{Ac}	<.0001	0.8	1.8
Promedio	15 ^a	6 ^b	0 ^c	<.0001	0.5	1.0
Sig.	0.04	0.15	0.70			
EEM	2.0	1.5	0.6			
DMS	4.4	3.4	1.4			
Intensidad d cosecha de 9 cm						
CTE	12 ^{Aa}	3 ^{Ab}	0 ^{Ab}	0.0011	1.7	3.7
CME	18 ^{Aa}	7 ^{Ab}	0 ^{Ab}	0.0062	3.7	8.0
CTA	16 ^{Aa}	5 ^{Ab}	1 ^{Ac}	<.0001	1.4	3.0
Promedio	15 ^a	5 ^b	1 ^c	<.0001	1.3	2.8
Sig.	0.4	0.5	0.7			
EEM	5.0	2.3	0.5			
DMS	10.8	5.0	1.2			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la fila, no difieren ($p>0.05$). Sig. = Significancia. EEMM = Error Estándar. DMS = Diferencia Mínima Significativa. CTE = corte temprano (28 semanas). CME = corte medio (35 semanas) y CTA = corte tardío (42 semanas).

Cuadro 6. Relación hoja-tallo (R:H/T) de *Lotus corniculatus* L., sometido a diferentes frecuencias de corte (FC) e intensidades de cortes (IC) en verano, en condiciones de invernadero.

FC	IC			Promedio	Sig.	EEM	DMS
	3 cm	6 cm	9 cm				
CTE	2.5 ^{Aa}	2.7 ^{Ab}	4.0 ^{Ab}	3.1 ^A	0.0013	0.26	0.57
CME	2.6 ^{Aa}	2.6 ^{Aa}	2.9 ^{Ba}	2.7 ^A	0.1035	0.24	0.53
CTA	2.4 ^{Aa}	2.7 ^{Ab}	3.4 ^{Ab}	2.8 ^A	0.0066	0.22	0.49
Promedio	2.5 ^a	2.6 ^b	3.4 ^b	2.8	0.0024	0.17	0.37
Sig.	0.65	0.53	0.02	0.30			
EEM	0.30	0.36	0.33	0.27			
DMS	0.65	0.78	0.72	0.59			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la fila, no difieren ($p > 0.05$). Sig. = Significancia. EEM = Error Estándar. DMS = Diferencia Mínima Significativa. CTE = corte temprano (28 días). CME = corte medio (35 días) y CTA = corte tardío (42 días).

Cuadro 7. Peso de hoja (g MS planta⁻¹) y Peso de tallo (g MS planta⁻¹) de *Lotus corniculatus* L., sometido a diferentes frecuencias de corte (FC) e intensidades de cortes (IC) en verano, en condiciones de invernadero.

FC	IC			Promedio	Sig.	EEM	DMS
	3 cm	6 cm	9 cm				
Peso de hoja (g MS hoja tallo ⁻¹)							
CTE	0.048 ^{Ba}	0.049 ^{Ba}	0.04 ^{Ba}	0.046 ^B	0.73	0.011	0.024
CME	0.087 ^{Aa}	0.079 ^{Aa}	0.087 ^{Aa}	0.084 ^A	0.37	0.012	0.026
CTA	0.083 ^{Aa}	0.082 ^{Aa}	0.089 ^{Aa}	0.085 ^A	0.65	0.016	0.036
Promedio	0.073 ^a	0.070 ^a	0.072 ^a	0.072	0.50	0.007	0.016
Sig.	0.02	0.02	0.03	0.001			
EEM	0.01	0.01	0.01	0.007			
DMS	0.02	0.02	0.03	0.015			
Peso de tallo (g MS tallo ⁻¹)							
CTE	0.032 ^{Aa}	0.034 ^{Aa}	0.026 ^{Aa}	0.031 ^A	0.8908	0.009	0.020
CME	0.043 ^{Aa}	0.038 ^{Aa}	0.035 ^{Aa}	0.039 ^A	0.5117	0.010	0.023
CTA	0.039 ^{Aa}	0.037 ^{Aa}	0.039 ^{Aa}	0.038 ^A	0.6811	0.011	0.025
Promedio	0.038 ^a	0.036 ^a	0.033 ^a	0.036	0.1211	0.005	0.010
Sig.	0.34	0.73	0.67	0.075			
EEM	0.01	0.008	0.01	0.004			
DMS	0.02	0.017	0.02	0.009			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la fila, no difieren ($p > 0.05$). Sig. = Significancia. EEM = Error Estándar. DMS = Diferencia Mínima Significativa. CTE = corte temprano (28 días). CME = corte medio (35 días) y CTA = corte tardío (42 días).

Cuadro 8. Altura (AP) de *Lotus corniculatus* L., sometido a diferentes frecuencias e intensidades de cortes, en verano, bajo condiciones de invernadero, en el sureste de Coahuila, México.

FC	Intensidades de cosecha			Promedio	Sig.	EEM	DMS
	3 cm	6 cm	9 cm				
CTE	18.9 ^{Aa}	20.6 ^{Aa}	15.5 ^{Aa}	18.3 ^A	0.2533	2.56	5.55
CME	15.0 ^{Aa}	16.6 ^{Aa}	16.3 ^{Aa}	16.0 ^A	0.5287	3.65	7.92
CTA	15.5 ^{Aa}	15.9 ^{Aa}	15.4 ^{Aa}	15.4 ^A	0.1945	1.06	2.31
Promedio	16.5 ^a	17.7 ^a	15.5 ^a	16.6	0.5424	2.00	4.34
Sig.	0.30	0.15	0.10	0.20			
EEM	2.55	2.37	2.14	1.62			
DMS	5.53	5.14	4.64	3.51			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la fila, no difieren ($p>0.05$). Sig. = Significancia. EEMM = Error Estándar. DMS = Diferencia Mínima Significativa. CTE = corte temprano (28 días). CME = corte medio (35 días) y CTA = corte tardío (42 días).