

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



Rendimiento de forraje de *Lotus corniculatus* L. al variar la frecuencia e intensidad de cosecha en primavera

Por:

OSCAR AGUILAR SANTOS

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, enero 2023.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

**Rendimiento de forraje de *Lotus corniculatus* L. al variar la
frecuencia e intensidad de cosecha en primavera**

POR:
OSCAR AGUILAR SANTOS

TESIS PROFESIONAL

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
Director de tesis



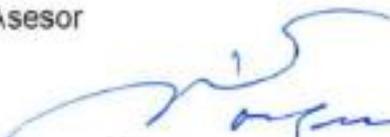
Dr. Aurelio Pedroza Sandoval
Co-Director Externo



Dr. Antonio Flores Naveda
Asesor



Dr. Josué Israel García López.
Asesor



Dr. Ricardo Vázquez Aldape
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Enero 2023.

DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Saltillo, Coahuila, enero de 2023.

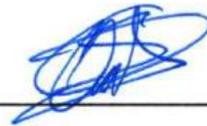
DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado “**Rendimiento de forraje de *Lotus corniculatus* L. al variar la frecuencia e intensidad de cosecha en primavera**” 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 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 del mismo, ni a un nuevo envío.

OSCAR AGUILAR SANTOS

Nombre



Firma

RESUMEN

El objetivo fue determinar el rendimiento de forraje y componentes del rendimiento de *Lotus corniculatus* L., cosechado a un corte severo de 28 (CSE), corte óptimo de 35 (COP) y corte ligero de 42 días (CLI), y a diferentes intensidades de corte de 3, 6 y 9 cm sobre la superficie del suelo. Las variables evaluadas fueron rendimiento de forraje (RF), composición morfológica (CM), relación hoja/tallo (R:H/T), producción de hoja por tallo individual (PHT), peso por tallo individual (PT), área foliar (AF) y altura de planta (AP). Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Se realizó un análisis de varianza con el PROC GLM del SAS y una comparación de medias con la prueba Tukey ($p < 0.05$). El COP y CLI, registraron un mayor rendimiento de materia seca (MS) con 26 y 29 g MS planta⁻¹, el promedio por intensidades fue de 24 g MS planta⁻¹. Los resultados indican que la hoja fue el componente que más aportó en rendimiento de forraje en cada uno de los cortes, con un promedio de 71 (CSE), 71 (COP) y 67% (CLI), con una producción de 12, 18 y 19 g MS planta⁻¹ respectivamente. La frecuencia de corte tuvo efecto sobre la R:H/T con promedio de 2.6, donde la intensidad de 9 cm tuvo el mayor valor promedio con 3.0. Los mayores pesos de hoja por tallo y tallo individual, se registraron en el CLI con 0.122 y 0.104 g MS planta⁻¹, por el contrario, los menores se presentaron en el CSE con 0.076 y 0.038 g MS planta⁻¹ respectivamente. En promedio la mayor área foliar se registró en el COP con 14.9 cm² tallo⁻¹, mientras el menor fue en el CSE con 10.7 cm² tallo⁻¹. Las intensidades de corte solo tuvieron efecto sobre el área foliar a los 9 cm ($p < 0.05$). La mayor altura se presentó en el CLI con promedio de 24.6 cm; el menor fue en el CSE con 20.1 cm, mientras que la intensidad de cosecha no tuvo efecto ($p > 0.05$) con promedio de 22.8 cm. En conclusión, el intervalo de corte tuvo mayor efecto sobre los componentes del rendimiento respecto a la intensidad de corte, a excepción de la relación hoja/tallo.

Palabras clave: Trébol pata de pájaro, intervalos de corte y composición morfológica.

ABSTRACT

The objective was to determine the forage yield and yield components of *Lotus corniculatus* L., harvested at a severe cut of 28 (CSE), optimal cut of 35 (COP) and light cut of 42 days (CLI), and at different intensities of 3, 6 and 9 cm cut over soil surface. The variables evaluated were forage yield (FY), morphological composition (MC), leaf/stem ratio (R:L/S), leaf production per individual stem (LPS), weight per individual stem (WS), leaf area (LA) and plant height (PH). A completely randomized block experimental design was used with four replications. An analysis of variance was performed with the SAS PROC GLM and a comparison of means with the Tukey test ($p < 0.05$). The COP and CLI, registered a higher yield of dry matter (DM) with 26 and 29 g DM plant⁻¹, the average by intensities was 24 g DM plant⁻¹. The results indicate that in percentage the leaf was the component that contributed the most in forage yield in each of the cuts, with an average of 71 (CSE), 71 (COP) and 67% (CLI), with a production of 12, 18 and 19 g MS plant⁻¹ respectively. The cutting frequency had an effect on the R:L/S with an average of 2.6, where the intensity of 9 cm had the highest average value with 3.0. The highest leaf weights per stem and individual stem were recorded in the CLI with 0.122 and 0.104 g DM plant⁻¹, on the contrary, the lowest were presented in the CSE with 0.076 and 0.038 g DM plant⁻¹ respectively. On average, the largest leaf area was recorded in the COP with 14.9 cm² stem⁻¹, while the lowest was in the CSE with 10.7 cm² stem⁻¹. The cutting intensities only had an effect on the leaf area at 9 cm ($p < 0.05$). The highest height occurred in the CLI with an average of 24.6 cm; the lowest was in the CSE with 20.1 cm, while the harvest intensity had no effect ($p > 0.05$) with an average of 22.8 cm. In conclusion, the cutting interval had a greater effect on the yield components with respect to the cutting intensity, with the exception of the leaf/stem ratio.

Keywords: Bird's foot clover, cutting intervals and morphological composition.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a **Dios** por haberme permitido vivir hasta el día de hoy, haberme acompañado y guiado a lo largo de mi vida, por ser mi apoyo, mi luz y mi camino. Por darme fortaleza para seguir adelante en aquellos momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mi “**ALMA TERRA MATER**” la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme permitido formarme en ella, gracias a todas las personas que fueron participantes en este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, fueron ustedes los responsables de realizar un aporte a este proyecto, que el día de hoy se ve reflejado en la culminación de mi paso por la universidad. A quienes intervinieron en la revisión de mi tesis, se los agradezco.

Al **Dr. Perpetuo Alvares Vázquez, Dr. Aurelio Pedroza Sandoval (Co-Director externo), Dr. Antonio Flores Naveda y Dr. Josué Israel García López**, por haberme aceptado y asesorado en mi proyecto de tesis, por la confianza, paciencia, apoyo, tiempo, amistad y por los conocimientos transmitidos que me brindaron durante el desarrollo de esta investigación.

Al departamento de **Recursos Naturales Renovables**, por prestarme sus instalaciones durante este proceso, de la igual manera, a los compañeros de laboratorio, que me brindaron su apoyo durante el trabajo de campo para la realización de este proyecto.

A mis conocidos de la generación, gracias por las experiencias y momentos vividos durante la vida universitaria.

A la familia **Aguilar Santos**, agradezco ampliamente su apoyo tanto económico como emocional para para concluir con mi formación profesional.

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada especialmente para las personas que considero importantes en mi vida:

A mi madre Julia Aguilar Santos, que ha sabido formarme con buenos valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante en momentos difíciles, por su amor, apoyo y felicidad compartida.

A mi madrina Inés Aguilar Santos, a quien considero mi segunda madre, fue el impulso para iniciar mi carrera; que en momentos difíciles de mi vida ha sabido darme una palabra de aliento para seguir adelante.

A mi abuelito José Aguilar[†], a quien considero mi padre, sé que me cuida donde quiera que esté.

A mis tías y tíos, Adrián Aguilar Santos, Guadalupe Aguilar Santos, Sergio Aguilar Santos, Rufino García de Jesús, Juana Aguilar Santos, María Esther Salgado, Martina Silva Cruz.

A mis primas y primos, Itzel García Aguilar, Katia García Aguilar, Lizbeth Aguilar Salgado, Cesar García Aguilar, Juan Alberto Aguilar Silva, Alex Aguilar Salgado.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	6
1.1	OBJETIVOS	8
1.1.1	Objetivo general.....	8
1.1.2	Objetivos particulares	8
1.2	HIPÓTESIS	8
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	9
2.1	Antecedentes de <i>Lotus corniculatus</i> L.	9
2.1.1	Origen	9
2.1.2	Clasificación taxonómica.....	9
2.1.3	Descripción agronómica.....	9
2.1.4	Descripción morfológica.....	10
2.1.5	Adaptabilidad de <i>Lotus corniculatus</i>	12
2.2	Factores que afectan el crecimiento y producción de forrajes	13
2.2.1	Radiación solar	13
2.2.2	Temperatura ambiental	13
2.2.3	Humedad	14
2.2.4	Suelo.....	14
2.2.5	Fertilidad del suelo.....	15
2.3	Factores que afectan el rebrote de los forrajes	15
2.3.1	Índice de área foliar	15
2.3.2	Meristemas de crecimiento	16
2.3.3	Reservas de carbohidratos	17
2.3.4	Frecuencia e intensidad de corte.....	17
2.3.5	Producción estacional de forrajes	18
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1	Descripción del sitio de estudio.....	19
3.1.1	Condiciones del clima durante el experimento.....	19

3.2	Manejo de las parcelas experimentales	20
3.3	Tratamientos y diseño experimental	20
3.4	Variables evaluadas.....	20
3.4.1	Rendimiento de forraje.....	20
3.4.2	Composición morfológica.....	21
3.4.3	Relación hoja: tallo.....	21
3.4.4	Producción de hoja por tallo individual (g MS hoja tallo ⁻¹).....	22
3.4.5	Peso por tallo individual (g MS tallo ⁻¹).....	22
3.4.6	Área foliar.....	23
3.4.7	Altura de la planta	23
3.5	Análisis estadístico.....	23
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1	Rendimiento de forraje	24
4.2	Composición morfológica	25
4.3	Relación hoja-tallo.....	29
4.4	Producción de hoja por tallo individual (g MS hoja tallo ⁻¹).....	30
4.5	Peso por tallo individual (g MS tallo ⁻¹).....	31
4.6	Área foliar.....	33
4.7	Altura.....	34
V.	CONCLUSIONES	36
VI.	LITERATURA CITADA.....	37
VII.	ANEXOs	43

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del <i>Lotus corniculatus</i> L.	9
Cuadro 2. Rendimiento de materia seca (g MS planta ⁻¹) de <i>Lotus corniculatus</i> L., sometido a diferentes intensidades y frecuencias de cortes (FC) en la estación de primavera.	25
Cuadro 3. Relación hoja-tallo (R:H/T) de <i>Lotus corniculatus</i> L., sometido a diferentes intensidades y frecuencias de cortes (FC) en la estación de primavera.	30
Cuadro 4. Peso de hoja por tallo (g MS planta ⁻¹) de <i>Lotus corniculatus</i> L., sometido a diferentes intensidades y frecuencias de cortes (FC) en la estación de primavera.	31
Cuadro 5. Peso por tallo (g MS planta ⁻¹) de <i>Lotus corniculatus</i> L., sometido a diferentes intensidades y frecuencias de cortes (FC) en la estación de primavera.	32
Cuadro 6. Área foliar de <i>Lotus corniculatus</i> L., sometido a diferentes intensidades y frecuencias de cortes (FC) en la estación de primavera.	34
Cuadro 7. Altura (cm) de <i>Lotus corniculatus</i> L., sometido a diferentes intensidades y frecuencias de cortes (FC) en la estación de primavera.	35
Cuadro 8. Rendimiento de materia seca (g MS planta ⁻¹) de <i>Lotus corniculatus</i> L., sometido a diferentes intensidades y frecuencias de cortes (FC) en la estación de primavera.	43
Cuadro 9. Composición morfológica (%) de <i>Lotus corniculatus</i> L. en Corte Severo (CSE), Corte Medio (CME) y Corte Ligero (CLI) a diferentes alturas de corte, bajo condiciones de invernadero en el sureste de Saltillo Coahuila.	44
Cuadro 10. Composición morfológica (g MS planta ⁻¹) de <i>Lotus corniculatus</i> L. en Corte Severo (CSE), Corte Medio (CME) y Corte Ligero (CLI) a diferentes alturas de corte, bajo condiciones de invernadero en el sureste de Saltillo Coahuila.	45

Cuadro 11. Relación hoja-tallo (R:H/T) de <i>Lotus corniculatus</i> L., sometido a diferentes intensidades y frecuencias de cortes (FC) en la estación de primavera.	46
Cuadro 12. Peso de hoja por tallo (g MS planta ⁻¹) de <i>Lotus corniculatus</i> L., sometido a diferentes intensidades y frecuencias de cortes (FC) en la estación de primavera.	47
Cuadro 13. Peso por tallo (g MS planta ⁻¹) de <i>Lotus corniculatus</i> L., sometido a diferentes intensidades y frecuencias de cortes (FC) en la estación de primavera.	48
Cuadro 14. Área foliar de <i>Lotus corniculatus</i> L., sometido a diferentes intensidades y frecuencias de cortes (FC) en la estación de primavera.	49
Cuadro 15. Altura (cm) de <i>Lotus corniculatus</i> L., sometido a diferentes intensidades y frecuencias de cortes (FC) en la estación de primavera.	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.Descripción morfológica de <i>Lotus corniculatus</i>	11
Figura 2.Medias semanales de temperatura máxima y mínima acumulada en la estación de primavera	19
Figura 3.Composición morfológica del genotipo 2525301 de <i>L. corniculatus</i> , cosechada a diferentes frecuencias e intensidades de corte (3, 6 y 9 cm) en la estación de primavera bajo condiciones de invernadero en el sureste de Saltillo Coahuila. Corte Severo (CSE= 28 días), Corte Óptimo (COP= 35 días), Corte Ligero (CLI= 42 días).....	28

I. INTRODUCCIÓN

La ganadería es una actividad del sector primario que consiste en la cría, tratamiento y reproducción de animales domésticos con fines de producción para el consumo humano. México se caracteriza por ser un país ganadero, cuenta con grandes áreas donde se desarrollan principalmente ganadería bovina, porcina, ovina, caprina y aviar. Además de proveer productos cárnicos, esta actividad también se relaciona con la producción de lácteos como el queso, crema, mantequilla y leche, alimentos que se aprovechan en grandes cantidades en nuestro país. La ganadería puede ser extensiva, intensiva y de autoconsumo, existen diferentes elementos que influyen para un buen desarrollo del hato como el relieve del suelo, acceso a fuentes de agua, clima adecuado en cuanto a humedad y temperatura, así como la vegetación y forrajes que se utilizan para su alimentación. La producción de forrajes depende del ambiente donde se desarrolla, por lo que varía según las condiciones climáticas y del suelo de un lugar (SIAP, 2018). En la familia de las leguminosas, las especies forrajeras de clima templado más comunes son la alfalfa (*Medicago sativa*) seguido de trébol blanco y trébol rojo (*Trifolium repens* L. y *Trifolium pratense* L.) que presentan buenas características. Aunque, estas especies representan buenas opciones forrajeras, no se adaptan a ciertas condiciones ambientales, tales como, suelos de baja fertilidad, salinos o ácidos, y el requerimiento de agua puede ser alto. Por este motivo, es necesario incrementar las opciones donde no prosperan las especies antes mencionadas (García, 2011).

Lotus corniculatus es considerada una planta de triple propósito y muy versátil, ya que se puede utilizar para pastorear, henificar y ensilar; a comparación de la alfalfa que se adapta mejor a la producción de heno, al igual que el trébol rojo; el Lotus tiene un alto valor nutritivo y no pierde palatabilidad para el ganado cuando se demora su utilización. La elevada producción de forraje y atributo a no causar timpanismo, hace que *L. corniculatus* sea una opción para

realizar estudios sobre la alimentación de ganado en praderas sembradas con esta leguminosa perenne, la cual se adapta a condiciones ambientales muy diversas, tolera frío y calor de forma moderada además de la sequía. Se desarrolla mejor en climas húmedos y fríos, se adapta a suelos con diferente pH. Tolera salinidad, sin embargo, no soporta el encharcamiento, ni suelos arenosos, además de persistir en condiciones de baja fertilidad (Castillo, 2021). Álvarez *et al.* (2018) mencionan que la información sobre esta leguminosa es escasa en nuestro país, en comparación con otras leguminosas de clima templado. Por esta razón es importante evaluar el rendimiento de forraje al variar la frecuencia e intensidad de cosecha en *L. corniculatus* del genotipo 255301, en diferentes estaciones del año.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

- Determinar el rendimiento de forraje y componentes del rendimiento de *Lotus corniculatus* L., cosechado a diferentes frecuencias e intensidades de corte.

1.1.2 Objetivos particulares

- ✓ Determinar el rendimiento de forraje y sus componentes morfológicos de *Lotus corniculatus* en la estación de primavera.
- ✓ Estimar la relación hoja-tallo, producción de hoja por tallo individual, peso por tallo individual, área foliar y altura.

1.2 HIPÓTESIS

- ❖ Los cortes a diferentes intervalos de tiempo y alturas de cosecha se afecta el rendimiento de forraje y sus componentes.
- ❖ El rendimiento de forraje, altura de la planta y peso por tallo individual, se incrementan con el avance de edad de la planta.
- ❖ La hoja es el componente morfológico que más aporte hace al rendimiento de materia seca total.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Descripción de *Lotus corniculatus* L.

2.1.1 Origen

L. corniculatus es originaria de la cuenca mediterránea Europa y Norte de África, donde inicio su cultivo como pratense, cuenta con más de 180 especies que se encuentran en todo el mundo, excepto en regiones muy frías y áreas tropicales de tierras bajas del sureste de Asia y América del Sur y Central. Actualmente su uso se ha extendido a países como EEUU, Australia, Argentina y Chile (Díaz *et al.*, 2015).

2.1.2 Clasificación taxonómica

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del *Lotus corniculatus* L.

Reino	<i>Plantae</i>
Phylum o división	<i>Tracheophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Fabales</i>
Familia	<i>Leguminosae</i>
Género	<i>Lotus</i>
Especie	<i>Corniculatus</i>
Nombre científico	<i>Lotus corniculatus</i> L.

Fuente: IBUNAM, 1995.

2.1.3 Descripción agronómica

Las especies constituyentes de este género se caracterizan por persistir en condiciones de baja fertilidad y disponibilidad de fosforo, siendo capaces de competir en estas condiciones con tréboles y *medicagos*. Se adapta a una amplia gama de suelos, en los cuales puede desarrollar su extenso sistema radicular, esto lo hace poco adaptable a suelos superficiales. Presenta aceptable vigor

inicial y precocidad, que le permite establecerse adecuadamente en asociaciones con cultivos de invierno, esto la hacen la leguminosa más adaptable a este tipo de siembra. Las mayores producciones se obtienen cuando se manejan cortes menos frecuentes e intensidades entre 3 y 6 cm, no obstante, posee una gran resistencia y adaptación a diversas combinaciones de manejo, sin embargo, los pastoreos demasiados frecuentes e intensos durante todo el año, determinan que se vea sobrepasada la plasticidad y ocasiona pérdidas de plantas y menor persistencia de la pastura (Zanoniani *et al.*, 2004). *Lotus* es la especie que se recomienda sembrar en suelos donde *Medicago sativa* no tiene buenos resultados por sus mayores requerimientos de fertilidad. Un inconveniente que presenta en comparación con otras leguminosas forrajeras es su baja eficiencia para aportar nitrógeno al suelo por fijación biológica, en cuanto al aporte de forraje, la especie ofrece un buen potencial de producción primavera/verano/otoño, pudiendo producir a fines de invierno en cultivares sembrados tempranos (Carámbula, 2002). Debido a la presencia de taninos condensados no produce meteorismo, podría considerarse una opción de forraje para utilizarse en pastoreo rotacional, mediante praderas establecidas en la producción ovina y bovina, lo cual es una gran ventaja, ya que, en praderas artificiales y tecnificadas los rumiantes podrán apacentar sin ningún problema de timpanismo, esto reduciría el impacto económico causado por meteorismo, además de ser una especie de insumos reducidos en el proceso productivo (Barry y McNabb, 1999).

2.1.4 Descripción morfológica

Es una especie perenne generalmente con la base leñosa, de tallo variable hasta los 40 cm de longitud, aunque se suele quedar en los 20 cm por su porte decumbente y rastrero, esto dependerá de su adaptación acorde al sitio de establecimiento, debido a aspectos climatológicos y edáficos, en su primer año de crecimiento desarrolla la corona de la que nacen axilarmente las ramificaciones (Bullard y Crawford, 1995).

Las hojas son trifoliadas con estipulas bien desarrolladas parecidas a los foliolos y ubicadas en la base del peciolo característica que aparenta tener las hojas pentafoliadas más o menos pilosas y nervios poco visibles. La primera hoja que emerge desde el punto de crecimiento ubicado entre los cotiledones es trifolio. La 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. Las flores son de color amarillo con tonalidades pálidas a intensas, casi anaranjadas hasta rojizas. El fruto está constituido por vainas alargadas y estrechamente agrupadas en diferente numero formando una pata de pájaro y por estas características recibe su nombre común de trébol pata de pájaro. Semillas de mayor tamaño comparado con otras especies de *Lotus* (Ayala y Carambula 2009).



Figura 1. Descripción morfológica de *Lotus corniculatus* L. (Mentz, A.; Ostenfeld, C. H., 1917).

Contiene de 10 a 30 semillas por fruto o vaina, el cual tiene un alto grado de dehiscencia en la madurez, retorciéndose en forma de espiral, especialmente cuando su humedad es inferior al 40 %, es redonda de 1 a 1.5 mm de diámetro, de color marrón a veces punteadas de violeta (Lowther, 1991). El sistema radicular es vigoroso de profundidad intermedia entre trébol rojo y alfalfa, formado por una raíz pivotante y ramificaciones laterales que les confieren gran resistencia a las deficiencias hídricas (Zanoniani *et al.*, 2004). La raíz presenta nódulos debido a la existencia de Rizobios nativos en el suelo, los cuales fijan nitrógeno atmosférico transformándolo a nitratos y nitritos para poder ser asimilados por las plantas (Bullard y Crawford, 1995).

2.1.5 Adaptabilidad de *Lotus corniculatus* L.

Lotus corniculatus es una especie que puede adaptarse a suelos con problemas de salinidad, acidez, baja fertilidad y bajos niveles de fósforo, mejora la disponibilidad de nitrógeno en asociaciones, también tolera inundaciones y sequía (Striker *et al.*, 2005). También es resistente al frío, sequía y prospera en suelos inundados donde la alfalfa no crece, se desarrolla mejor en climas fríos y húmedos con precipitaciones de 400 a 1200 mm, se desarrolla en pH entre 5.5 y 7.5 (Canals *et al.*, 2009). Además, se desarrolla a una altitud de 2000 a 3000 m (Muslera, 1991). Se establece en dos épocas de siembra: otoño y primavera, en otoño responde muy favorablemente si no sobrevienen sequías, se puede desarrollar bien antes de que empiecen las bajas temperaturas y las heladas invernales, por su parte, siembras en primavera generalmente va a ser más favorable, una vez germinadas al ir incrementándose las temperaturas, el fotoperíodo y la intensidad de luz, el crecimiento no se verá interrumpido, por lo anterior, se debe de tomar muy en serio el periodo de siembra. La parte basal de la planta y sombreadas no tienen crecimiento vegetativo apreciable y son poco apetecidas por el ganado, por lo que es una especie exigente en luz y sus temperaturas máximas estivales están comprendidas entre los 16 y 27 °C

soportando relativamente la sequía en esta época. Su temperatura óptima de crecimiento se da sobre los 22 °C (Izaguirre y Beyhaut, 1998).

2.2 Factores que afectan el crecimiento y producción de forrajes

2.2.1 Radiación solar

Las variaciones temporales en las intensidades de la radiación solar afectan la tasa fotosintética, morfológica y crecimiento. La cantidad de radiación solar total que llega a la pradera es determinada por la latitud, altitud, hora del día (Kimmins, 1987). Además, es la responsable de la variación estacional del rendimiento de forraje, de tal forma, la mayor producción en climas templados se encuentra en la estación de verano y no en invierno, esto es debido a que en verano la cantidad de radiación solar es mayor y permite un mayor crecimiento de la planta, conjuntamente con la temperatura influyen favorablemente sobre la tasa de fotosíntesis, creando condiciones para una mayor producción de biomasa comparada con la temperatura de invierno, en donde la producción de forraje decrece debido a que hay menor captación de radiación solar y fotosíntesis (Zaragoza, 2000). La calidad y periodicidad de la luz influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas, porque estimulan o limitan la germinación, la floración de la planta y otros fenómenos (Lemaire *et al.*, 2000). A medida que el área foliar aumenta, la cantidad de luz interceptada será mayor y, por consecuencia, el crecimiento de las praderas será mayor (Hodgson, 1990).

2.2.2 Temperatura ambiental

En *Lotus corniculatus* L., la temperatura afecta principalmente en los procesos de germinación e inicio de crecimiento, mayormente a bajas temperaturas y presencia de heladas (Keoghan y Burgess, 1987), depende exclusivamente de temperaturas moderadas. 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 (Ayala y Carambula, 2009). La especie se adapta a temperaturas medias mensuales entre 16 y 27 °C, del mismo modo crece en regiones cálidas a temperaturas entre 27 y 38 °C, por lo que su temperatura base de crecimiento se determina en los 18 °C (Muslera, 1991).

2.2.3 Humedad

La humedad determina el potencial productivo de un forraje, afectando el crecimiento de las plantas y su persistencia. Este puede ser modificado mediante riego, cuando se carece de esta. Lotus expuesto a falta de humedad en verano manifiesta una reducción en la población de rizobios que afectan la nodulación de plantas establecidas en otoño y pone en riesgo la disponibilidad de forraje en invierno (Ayala y Carambula, 2009). Por el contrario, un exceso de humedad crea en el suelo un medio anaeróbico, lo que provoca en la planta clorosis, hipertrofias en las aerenquimas y un deterioro en el sistema radical, el cual se acentúa más en leguminosas que en gramíneas, lo que asocia a un incremento en el ataque de enfermedades (Finn *et al.*, 1961).

2.2.4 Suelo

Las propiedades del suelo determinan las condiciones de resistencia del crecimiento de las raíces, difusión de gases y capacidad de retención de humedad. Las propiedades químicas, como: acidez o alcalinidad del suelo, afectan la disponibilidad o restricción de nutrientes. Un pH bajo, restringe nutrientes como el fósforo, potasio, calcio y magnesio y vuelve disponibles otros como el zinc, aluminio y magnesio (Edmeades *et al.*, 1991). Lotus tolera suelos ácidos con valores de pH entre 4.5 y 5.2, la falta de fósforo en este mismo, reduce altura, peso de hoja, raíces y nódulos. De la misma manera, la exclusión de potasio, incrementa la concentración de calcio y magnesio (Acuña *et al.*, 1997).

2.2.5 Fertilidad del suelo

El nitrógeno, fósforo y potasio son fundamentales para el desarrollo de las plantas, debido a que es el primer constituyente esencial de las proteínas y otros compuestos indispensables para la planta, además, forma parte de los compuestos transportadores de energía, también es importante en la energética del metabolismo de la planta y, por último, el K participa en la activación de varias enzimas interviniendo en la síntesis molecular, transferencia de energía, regulación del potencial osmótico del sistema radicular y el equilibrio iónico de las células de la planta (Tang, 1986).

Las leguminosas solo necesitan baja cantidad de N en su etapa inicial hasta que se forman los nódulos de *Rhizobium*, en cambio, son importantes los aportes de fósforo y potasio en este periodo (Rodríguez, 1989). En el caso de *Lotus corniculatus* L., tiene la capacidad de fijar y ceder nitrógeno, lo cual es una fuente costosa de minerales para los sistemas de producción (Silveira, 2011). El manejo de la nutrición de *Lotus* y otras leguminosas se ha restringido a la fertilización con fósforo (P), mientras se asume que los requerimientos de nitrógeno (N) son cubiertos por la fijación simbiótica y por absorción de N mineral del suelo. Los demás nutrientes son aportados por mecanismos naturales del suelo o agregados indirectamente con los fertilizantes, como calcio (Ca) o azufre (S) en algunas fuentes fosfatadas (Barbaza *et al.*, 2008).

2.3 Factores que afectan el rebrote de los forrajes

2.3.1 Índice de área foliar

El índice de área foliar (IAF), se define como el total del área de una cara del tejido fotosintético por la unidad de superficie del terreno (Watson, 1947), tiene una relación indirecta con procesos vitales como fotosíntesis, respiración y productividad, ya que son estructuras foliares las que interceptan y por tanto

regulan la cantidad de luz que va penetrando a niveles más bajos del dosel, misma que a su vez controla los procesos ecofisiológicos fotodependientes de la vegetación (Aguirre-Salado *et al.*, 2011). Así mismo, la cantidad de superficie foliar se ve influenciada por factores bióticos y abióticos, como la composición florística, la edad de sucesión vegetal, propiedades del suelo y estaciones del año, entre otros (Gower *et al.*, 1999). Conforme aumenta el índice de área foliar, aumenta la cantidad de radiación solar fotosintéticamente activa interceptada por las plantas y praderas hasta alcanzar un máximo (Hodgson, 1990). Cuando se presentan índices de área foliar superiores, la cantidad de hojas inferiores sombreadas serán mayor y gradualmente se volverán de color amarillento y morirán. El Índice de área foliar se ha relacionado con la interceptación de la radiación solar y la acumulación de materia seca, en cada rebrote. El índice de área foliar es producto de la cantidad de hojas, elongación del tallo y la distribución de las hojas en el tallo (Chapman y Lemaire, 1993).

2.3.2 Meristemas de crecimiento

Los meristemas de crecimiento son definidos como los tejidos embrionarios formados por células diferenciadas capaces de originar otros tejidos y órganos especializados mediante divisiones continuas, para dar paso al rebrote. El rebrote rápido se debe a la presencia de regiones meristemáticas activas de los tallos, que permanecen en la planta después de una defoliación, lo cual acelera la expansión foliar (Briske, 1991). Una mayor cantidad de materia seca acumulada, en cada rebrote está asociada a una mayor cantidad de meristemas activos. Después de una cosecha, el rebrote de las especies forrajeras ocurre por translocación de carbohidratos de raíces y base de tallos, a los meristemas de crecimiento, de esta forma, en algunas especies, los cortes severos reducen considerablemente la disponibilidad de carbohidratos, provocando una tasa de rebrote lenta y en consecuencia que la pradera sea invadida por maleza (Hernández-Garay y Martínez, 1997).

2.3.3 Reservas de carbohidratos

Después de una cosecha, el rebrote de las especies forrajeras ocurre por traslocación de carbohidratos de raíces y base de tallos, a los meristemos de crecimiento, de esta forma, en algunas especies, los cortes severos reducen la disponibilidad de carbohidratos, provocando una tasa de rebrote lenta y en consecuencia que la pradera sea invadida por maleza (Formoso, 1995). Los carbohidratos de las plantas se dividen en dos grupos: estructurales y no estructurales. Los primeros forman parte de la pared celular y entre éstos se encuentran la celulosa, la hemicelulosa y la pectina. Estos, son causantes de la fibrosidad del alimento, no están disponibles para el metabolismo energético de la planta, son insolubles en agua y poseen una fermentabilidad potencial lenta y limitada.

La pectina constituye una excepción ya que es completamente fermentable en el rumen (Pichard y Alcalde, 1990). Los segundos se almacenan en órganos vegetativos como raíces, rizomas, estolones, coronas y parte inferiores del tallo (Botrel y Gomide, 1981; Tejos, 1983). Los principales carbohidratos no estructurales proporcionan la energía para el rebrote de las especies forrajeras perennes o anuales, que pueden ser cosechadas varias veces en una misma temporada. Además, ayudan a sobrevivir a las forrajeras durante períodos de sequía, de inundación, de altas o de bajas temperaturas y proporcionan energía para el crecimiento cuando las condiciones ambientales son nuevamente favorables. Las plantas emplean las reservas de carbohidratos para el crecimiento inicial, cuando el área foliar residual es nula o insuficiente para producir los foto-asimilados para crecimiento (Volenc, 2005).

2.3.4 Frecuencia e intensidad de corte

La frecuencia se define como el intervalo de tiempo entre defoliaciones sucesivas, siendo uno de los parámetros en determinar la cuantificación del

pastoreo (Harris, 1978). Cuando mayor es la frecuencia de cosecha, menor es el tiempo de crecimiento entre dos aprovechamientos sucesivos y por tanto la producción de forraje será bajo. A medida que aumenta la frecuencia de defoliación, las especies presentan progresivamente decrementos en su capacidad para producir forraje. La frecuencia depende de cada especie o de la composición de la pastura y la época del año que se realice. Sin embargo, lo que determina la longitud de del periodo de crecimiento será la velocidad de la pastura en alcanzar en volumen adecuado de forraje, lo que está dado por el índice de área foliar (Carámbula, 2002). El mismo autor menciona, la intensidad de pastoreo se define como el rastrojo al retirar de los animales, lo cual afecta el rendimiento de cada defoliación, condiciona el rebrote y por tanto la producción total de forraje.

2.3.5 Producción estacional de forrajes

La producción de forraje está determinada por condiciones ambientales. En regiones templadas se tiene una época de abundancia (primavera y verano), efecto de la disponibilidad de factores para crecimiento como la humedad, luz y temperatura (Castro *et al.*, 2012). Por el contrario, en otoño e invierno, se caracterizan por bajas temperaturas y escasas de precipitación lo que provoca una disminución en la producción de forraje (Aparicio *et al.*, 2004). *L. corniculatus*, no presenta reposo invernal, por lo que, se ve favorecida en inviernos no muy severos, no obstante, su comportamiento productivo se ve afectado tanto en condiciones muy frías y secas (Ayala y Carámbula, 2009). En primavera, se presentan las mejores condiciones para el crecimiento de plantas, esto es reflejo de una tasa fotosintética, un mayor fotoperiodo, sin embargo, las necesidades de respiración también se elevan al incrementarse las temperaturas, esto resulta en un agotamiento de carbohidratos que compromete el crecimiento de las siguientes estaciones (Ayala y Carámbula, 2009).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del sitio de estudio

El experimento se llevó a cabo en la estación de primavera 2022, bajo condiciones controladas de invernadero del Departamento de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Saltillo, en el estado de Coahuila, México. El lugar se ubica a 25° 23'12.7" de LN, 101° 00' 9.8" LW a una altitud de 1783 m, con clima templado semiseco, con una temperatura promedio de 18 °C (Climate-Data-org, 2010).

3.1.1 Condiciones del clima durante el experimento

En la Figura 2, se muestran las temperaturas máximas y mínimas que se registraron durante el periodo que abarcó el experimento, los datos fueron obtenidos por medio de un hidrómetro. Durante el periodo de estudio la máxima temperatura fue de 41.1 °C y una mínima de 5.4 °C.

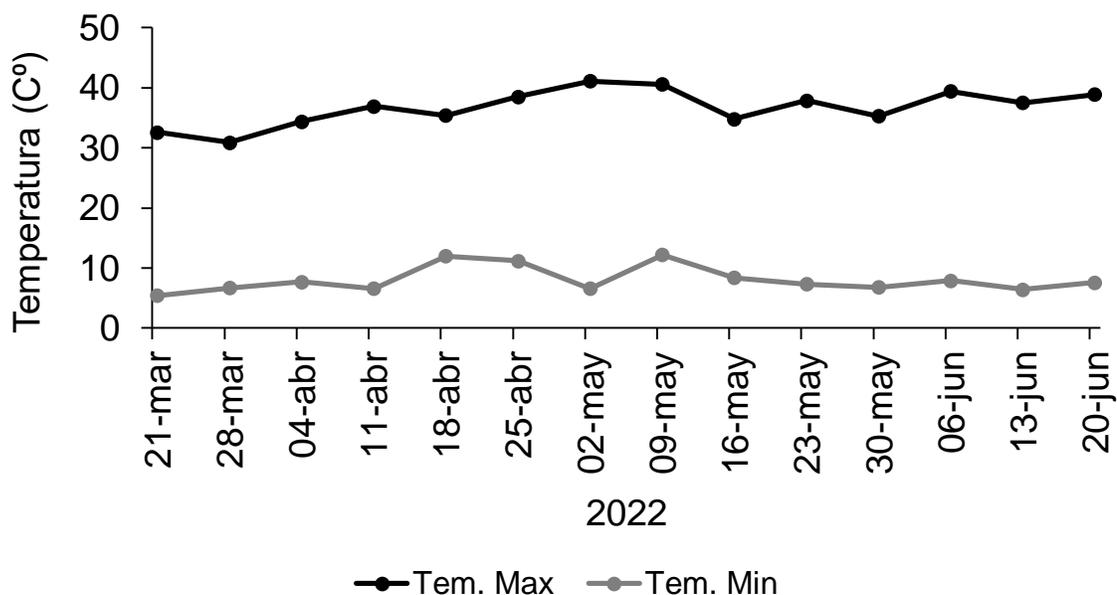


Figura 2. Medias semanales de temperatura máxima y mínima promedio durante el periodo de estudio (Primavera, 2022).

3.2 Manejo de las unidades experimentales

Se utilizaron un total de 72 plantas de *Lotus corniculatus* L. genotipo 255301, de procedencia de Francia y crecimiento semi-erecto, que fueron proporcionados por Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Edo. De México. Se establecieron en condiciones invernadero semicontrolado el 21 de junio de 2021 en macetas de dimensiones de 18 x 20 cm. Se consideró un corte de uniformización y el 18 de marzo de 2022 para un corte severo (CSE), 11 de marzo 2022 para un corte óptimo (COP) y 04 de marzo del 2022 para un corte ligero (CLI), dado que el estudio fue la continuación del estudio de la productividad de la especie en la estación de invierno. El material se regó diariamente, manteniendo una humedad edáfica a capacidad de campo (CC).

3.3 Tratamientos y diseño experimental

Los factores de variación fueron la frecuencia e intensidad de corte (tratamientos). Cada tratamiento fue de cuatro repeticiones y cada repetición de dos individuos. Los muestreos se realizaron a un corte severo (CSE) cada 28 días, corte óptimo (COP) cada 35 días y corte ligero (CLI) cada 42 días. Dentro de cada frecuencia de corte la planta fue cosechada a tres intensidades de cosecha a 3, 6 y 9 cm, respectivamente. El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar con cuatro repeticiones.

3.4 Variables evaluadas

3.4.1 Rendimiento de forraje

El rendimiento de forraje se determinó al cortar el forraje de acuerdo a la frecuencia e intensidad y repetición correspondiente. El forraje cosechado se depositó en bolsas de papel estraza previamente etiquetadas, para después

someterlo a un proceso de secado en una estufa de aire forzado a 55 °C durante 72 horas, hasta un peso constante para obtener el rendimiento en g MS planta⁻¹.

3.4.2 Composición morfológica

La composición morfológica, se determinó utilizando una sub-muestra de aproximadamente el 10 % del forraje utilizado para el rendimiento de forraje, separándola por componente hoja, tallo, material muerto e inflorescencia. Estos se colocaron en bolsas de papel previamente etiquetadas para someterla a un proceso de secado, mediante una estufa de aire forzado, a una temperatura de 55 °C durante 72 horas, hasta obtener un peso constante. Para obtener el peso seco de cada componente, se utilizó una báscula analítica, se registró el peso y se calculó la composición morfológica y el aporte al rendimiento de cada componente en porcentaje y rendimiento de materia seca (g MS planta⁻¹) utilizando las siguientes formulas:

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

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

3.4.3 Relación hoja:tallo

Con los datos obtenidos de la composición morfológica de hoja y tallo, se realizó el cálculo para estimar la relación hoja:tallo, mediante la siguiente formula:

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

Donde:

H:T = Relación hoja:tallo.

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

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

3.4.4 Producción de hoja por tallo

La producción de hoja por tallo individual, se determinó mediante la selección de 10 tallos al azar, del forraje utilizado para el rendimiento de forraje, se separó hojas de tallos, colocando las hojas en bolsas etiquetadas y se sometieron a un proceso de secado mediante una estufa de aire forzado, a una temperatura de 55 °C durante 72 horas, hasta obtener un peso constante. Para estimar el peso de hoja por tallo se utilizó la siguiente fórmula:

$$PH*T=PHT/10$$

Dónde:

PH*T= Peso de hoja por tallo (g MS hoja tallo⁻¹)

PHT= Peso de hoja total (g MS hoja 10 tallos⁻¹)

3.4.5 Peso por tallo individual

De los diez tallos, utilizados para determinar en peso de la hoja por tallo, se colocaron en bolsas de papel, sometiéndolas a un proceso de secado mediante una estufa de aire forzado, a una temperatura de 55 °C durante 72 horas, hasta obtener un peso constante. Para determinar el peso por tallo individual se utilizó la siguiente formula:

$$P*T=PTT/10$$

Dónde:

P*T= Peso por tallo (g MS tallo⁻¹)

PTT= Peso de tallo total (g MS 10 tallos⁻¹)

3.4.6 Área foliar

Se utilizó la hoja de diez tallos, se colocaron en hojas de papel blancas y se fotografiaron usando una cámara de teléfono celular. Las fotografías se analizaron en el software ImageJ 1.45 instalado en una laptop hp para estimar el área foliar (cm²) por tallo y se calculó el promedio por tratamiento y repetición.

3.4.7 Altura de la planta

Para la estimación de la altura de la planta, antes de realizar el corte, se tomaron las alturas de cada tratamiento y de sus correspondientes repeticiones. Se utilizó una regla graduada de 100 cm. Obtenidas estas alturas por tratamiento, se prosiguió al calcular el promedio de altura por repetición.

3.5 Análisis estadístico

Para comparar el efecto del intervalo e intensidad de cosecha sobre la especie *Lotus corniculatus* L., se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un diseño de bloques completamente al azar, con tres tratamientos y 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 Tukey ($p < 0.05$). Se utilizó el siguiente modelo.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor de la variable de estudio

μ = Media general de la población estudiada

α_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = Efecto del j-ésimo estación

E_{ijk} = Error estándar de la media

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Rendimiento de forraje

En el Cuadro 2, se muestra los rendimientos de forraje del genotipo 255301 de *Lotus corniculatus* L., cosechado a diferentes frecuencias e intensidades de corte en la estación de primavera 2022. Solo se presentaron diferencias estadísticas entre intervalos de corte ($p < 0.05$). Cuando la planta se cosechó a una intensidad de 3 cm el mayor valor se presentó en el CLI (42 días) con un rendimiento de 30 g MS planta⁻¹. A una intensidad de corte a 6 cm, los mayores valores se observaron en los intervalos de corte de 35 días (COP) y 42 días (CLI), obteniendo 27 y 29 g MS planta⁻¹. No obstante, en cosechas de 9 cm, no se presentaron diferencias estadísticas ($p > 0.05$), registrando un promedio de 26 g MS planta⁻¹. En contraste, los menores rendimientos a los 3 y 6 cm de corte se registraron en el CSE (14 y 17 g MS planta⁻¹). En los promedios independientemente de la intensidad de cosecha, el menor rendimiento registró en el CSE con 17 g MS planta⁻¹, en contra parte el mayor promedio se obtuvo en los intervalos de COP (26) y CLI (29 g MS planta⁻¹)

De acuerdo a Guzmán *et al.* (2021), en su investigación de tres genotipos de *L. corniculatus*, el rendimiento de forraje, 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, por el contrario, los resultados menores se observaron a los 7 DDR (0.24 g MS planta⁻¹). Estos resultados concuerdan con la presente investigación, debido a que, conforme avanza la edad de la planta el rendimiento de materia seca es mayor. Asimismo, Álvarez *et al.* (2020), mencionan 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. En algunas especies forrajeras los cortes severos ocasionan la

disminución del rendimiento de forraje, esto se debe al agotamiento de reservas de carbohidratos en plantas, debido al poco tiempo de descanso entre intervalos de corte (Mendoza *et al.*, 2010).

Cuadro 2. Rendimiento de materia seca (g MS planta⁻¹) de *Lotus corniculatus* L., sometido a diferentes intensidades de corte (IC) y frecuencias de cortes (FC) en la estación de primavera.

FC	IC			x	Sig.
	3 cm	6 cm	9 cm		
CSE	14 ^{Ba}	17 ^{Ba}	20 ^{Aa}	17 ^B	0.60
COP	22 ^{ABa}	27 ^{Aa}	30 ^{Aa}	26 ^A	0.26
CLI	30 ^{Aa}	29 ^{Aa}	29 ^{Aa}	29 ^A	0.00
x	22 ^a	24 ^a	26 ^a	24	0.37
Sig.	0.03	0.00	0.40	0.02	

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p > 0.05$). Sig. = Significancia. Corte Severo (CSE= 28 días), Corte Óptimo (COP= 35 días), Corte Ligeró (CLI= 42 días).

4.2 Composición morfológica

En la Figura 2, se muestra la composición morfológica del genotipo 255301. El intervalo e intensidad de corte tuvieron efecto ($p > 0.05$) sobre la aportación en porcentaje y g MS planta⁻¹ de cada componente. La hoja fue el componente que registró una mayor aportación al rendimiento de materia seca en los tres intervalos de corte, con promedio de 71, 71 y 67 % para CSE, COP y CLI, respectivamente (Anexos cuadro 9), en cambio el material muerto (2, 1 y 4 %) e inflorescencia obtuvieron menor y nula (0%) aportación en cuanto a frecuencias de corte. En el CSE no se registraron diferencias dentro de los componentes morfológicos, lo que indica que no existió efecto de intensidad de corte ($p > 0.05$). En cuanto al COP se presentó diferencia estadística en el componente hoja, donde la menor aportación se presentó en cuando la planta se cosecho a 3 cm, obteniendo un 66 %, al contrario, cuando fue cosechada a 6 y 9

cm, se obtuvieron mayores porcentajes, 71 y 77 %, respectivamente. Respecto al CLI, éste solo presentó diferencia ($p < 0.05$) dentro del componente tallo, el cual presentó la menor aportación cuando fue sometido a una intensidad de corte de 9 cm, reportando un 26% en comparación de los 29 y 31 % registrados a 3 y 6 cm de corte.

En la aportación por parte de la composición al rendimiento en g MS planta^{-1} , solo se presentó diferencias estadísticas ($p < 0.05$) dentro de las intensidades de corte, lo que indica que no hay efecto de la altura de corte sobre la producción de materia seca de los componentes por individual ($p > 0.05$) pero sí en la comparación entre ellos dentro de cada intensidad de corte ($p < 0.05$). La hoja fue el componente que más aportó con 12,18 y 19 g MS planta^{-1} , para el CSE, COP y CLI respectivamente (Anexos cuadro 10), el material muerto e inflorescencia fueron los componentes que menos aportaron en el rendimiento. La mayor producción de hoja entre alturas de corte se produjo a los 9 cm con 16, 21 y 20 g MS planta^{-1} para CSE, COP y CLI, respectivamente. Por el contrario, el menor rendimiento se registró en la cosecha de 3 cm con 9 y 15 g MS planta^{-1} solo en el CSE y COP, a excepción del CLI donde no hubo diferencia estadística ($p > 0.05$). La mayor cantidad de tallo promedio se registró en el COP y CLI con 8 g MS planta^{-1} para ambas frecuencias, en el CSE se obtuvo la menor producción con 5 g MS planta^{-1} . La mayor aportación de material muerto se presentó en el CLI seguido del COP, mientras en el CSE no hubo presencia de material muerto, dado un corte frecuente a edades de rebrote temprana.

Guzmán *et al.* (2021), encontraron una mayor cantidad de hoja y tallo a los 35, 42 y 49 días después del rebrote, con 3.98, 3.84 y 3.93 g MS planta^{-1} para hoja y 1.46, 1.68 y 1.58 g MS planta^{-1} para tallo, respectivamente, valores menores a los reportados en este experimento. Además, la mayor cantidad de material muerto se obtuvo a los 42 y 49 DDR (0.12 y 0.13 g MS planta^{-1}), indicativo de una edad de rebrote avanzada de la planta. Para el porcentaje de aportación al rendimiento de materia seca, la hoja presentó mayor aportación a

los 7 DDR y menor a los 42 y 49 DDR. Asimismo, el tallo y material muerto incrementan conforme avanza la edad de la planta. Álvarez *et al.* (2020) registraron que la hoja fue el componente que más aportó en rendimiento por promedio 56 % seguido del tallo, material muerto y maleza con 30.5, 8.5 y 4.5 % respectivamente. En el presente estudio, las diferencias se mostraron en los componentes morfológicos, posiblemente porque fue una evaluación en condiciones de invernadero.

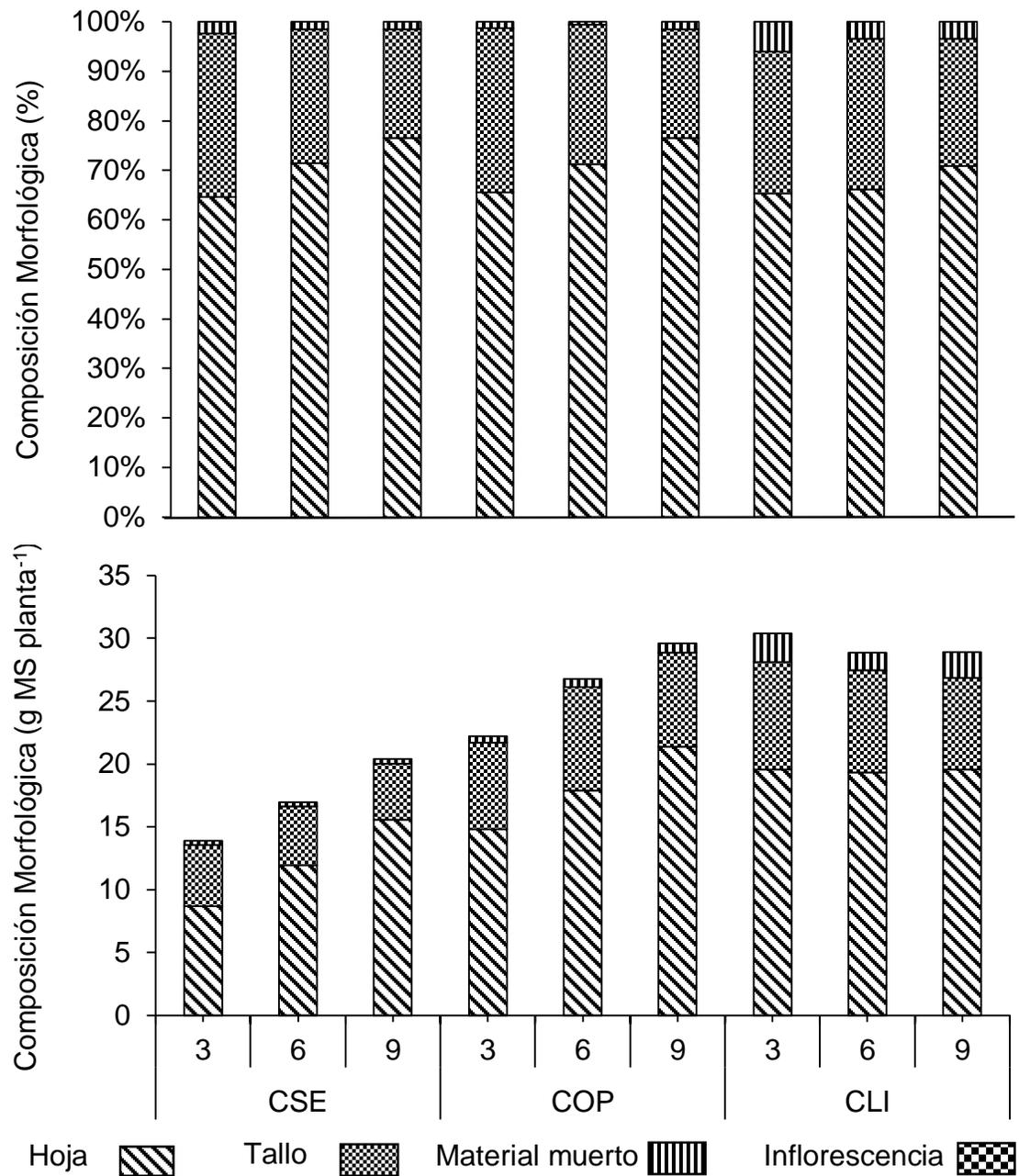


Figura 3. Composición morfológica del genotipo 2525301 de *L. corniculatus*, cosechada a diferentes frecuencias e intensidades de corte (3, 6 y 9 cm) en la estación de primavera bajo condiciones de invernadero en el sureste de Saltillo Coahuila. Corte Severo (CSE= 28 días), Corte Óptimo (COP= 35 días), Corte Ligero (CLI= 42 días).

4.3 Relación hoja/tallo

En el Cuadro 3, se muestran la relación hoja/tallo de *Lotus corniculatus* L., genotipo 255301 en la estación de primavera. Se presentaron diferencias estadísticas entre intensidades de corte ($p < 0.05$) pero no entre frecuencias de cosecha ($p > 0.05$). Independientemente de la frecuencia de corte, en los promedios por intensidad de corte, la mayor relación hoja:tallo se registró en al cosechar la especie a 9 cm, sin diferencias estadísticas a los 6 cm ($p > 0.05$), mientras el menor valor fue a los 3 cm. En el corte ligero (CLI), fue en la única FC donde se presentaron diferencias ($p < 0.05$), las intensidades de 3 y 6 cm fueron donde se presentaron los menores valores de R:H/T con 2.3 y 2.2, en contraste en el 9 cm, se obtuvo una relación mayor con valor de 2.8.

En un estudio comparativo de tres genotipos de *L. curmiculatus*, en campo abierto Gómez (2022), encontró que el genotipo 255301 cosechado a 35 días en primavera, presento una mayor relación de hoja respecto al tallo de 3.2, cuando la planta se defolio a una altura de 6 cm. Por su parte Laureano (2022), bajo las mismas condiciones 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. Estos resultados variaron respecto a los obtenidos en este experimento, puede atribuirse a las condiciones diferentes bajo las cuales se desarrollaron los estudios.

Cuadro 3. Relación hoja/tallo (R:H/T) de *Lotus corniculatus* L., sometido a diferentes intensidades de corte (IC) y frecuencias de cortes (FC) en la estación de primavera.

FC	IC			x	Sig.
	3 cm	6 cm	9 cm		
CSE	2.7 ^{Aa}	2.9 ^{Aa}	3.4 ^{Aa}	3.0 ^A	0.49
COP	2.4 ^{Aa}	2.4 ^{Aa}	2.8 ^{Aa}	2.5 ^A	0.08
CLI	2.3 ^{Ab}	2.2 ^{Ab}	2.8 ^{Aa}	2.5 ^A	0.00
x	2.5 ^b	2.5 ^{ab}	3.0 ^a	2.6	0.05
Sig.	0.50	0.76	0.41	0.38	

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p > 0.05$). Sig. = Significancia. Corte Severo (CSE= 28 días), Corte Óptimo (COP= 35 días), Corte Ligero (CLI= 42 días).

4.4 Producción de hoja por tallo individual

En el Cuadro 4, se muestra el peso de la hoja por el tallo, de la especie forrajera *Lotus corniculatus* L., cosechada a tres intervalos de corte e intensidades de corte, en condiciones de invernadero. Hubo efecto de la intensidad de corte a los 3 y 9 cm ($p < 0.05$), más no a los 6 cm y en la frecuencia de corte ($p > 0.05$) sobre el peso de hoja por tallo. En las intensidades de 3 cm y 9 cm, el mayor peso de hoja se registró en CLI con 0.124 y 0.114 g MS tallo⁻¹, respectivamente. Dentro de la intensidad de 6 cm, no hubo diferencia ($p > 0.05$), obteniendo un peso promedio de 0.104 g MS planta⁻¹. Respecto al promedio por intervalos, el CLI fue el corte que registro el mayor peso de hoja con 0.122 g MS tallo⁻¹, en contraparte, el CSE y COP fueron los que reportaron menores pesos, con 0.076 y 0.096 g MS planta⁻¹.

De acuerdo, con Arroyo (2020), los mayores resultados se registraron a partir de los 35 días de rebrote (0.14 g MS hoja tallo⁻¹) respecto a la primera

semana de rebrote de 7 días, valores claramente superados por nuestro estudio, donde lo más cercano fue cuando los tallos se cortaron a un intervalo ligero (CLI) dado que la planta fue de mayor edad (42 días). Al respecto Aparicio *et al.* (2004), mencionan que conforme aumenta la edad del rebrote incremento el número de hojas presentes por tallo, hasta llegar a un máximo, una vez alcanzando este pico máximo el número de hojas tiende a disminuir conforme aumenta la edad del rebrote, esta disminución fue más acentuada en primavera, cuando la planta alcanza sus mayores tasas de crecimiento.

Cuadro 4. Peso de hoja por tallo (g MS tallo⁻¹) de *Lotus corniculatus* L., sometido a diferentes intensidades de corte (IC) y frecuencias de cortes (FC) en la estación de primavera.

FC	IC			x	Sig.
	3 cm	6 cm	9 cm		
CSE	0.074 ^{Ba}	0.081 ^{Aa}	0.072 ^{Ba}	0.076 ^B	0.81
COP	0.081 ^{Ba}	0.103 ^{Aa}	0.102 ^{ABa}	0.096 ^B	0.80
CLI	0.124 ^{Aa}	0.127 ^{Aa}	0.114 ^{Aa}	0.122 ^A	0.41
x	0.093 ^a	0.104 ^a	0.096 ^a	0.098	0.73
Sig.	0.02	0.17	0.01	0.01	

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p > 0.05$). Sig. = Significancia. Corte Severo (CSE= 28 días), Corte Óptimo (COP= 35 días), Corte Ligero (CLI= 42 días).

4.5 Peso por tallo individual

En el Cuadro 5, se muestra el peso de tallo individual de *L. corniculatus* cosechado a diferentes intervalos e intensidades de corte en la estación de primavera. Se encontraron diferencias en las intensidades de corte y promedio por frecuencia de corte ($p < 0.05$) en las tres intensidades. El CLI fue el que registro

los mayores pesos con 0.108, 0.108 y 0.097 g MS tallo⁻¹ para 3 cm, 6 cm y 9 cm, respectivamente. Similarmente, en promedio por intervalo de corte, con 0.104 g MS tallo⁻¹ el CLI registró el mayor peso, en contraparte, el CSE y COP presentaron los menores pesos. Lo anterior refleja que el peso de cada tallo individual, así como la hoja se incrementa a mayor edad de la planta, estos caracteres no son afectados por altura a la que la planta es cosechada.

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. Castro *et al.* (2013) mencionan la competencia intra-específica de tallos en el mismo macollo y al crecimiento individual de cada tallo provoca el sombreo de los tallos pequeños incrementando su mortalidad.

Cuadro 5. Peso por tallo (g MS tallo⁻¹) de *Lotus corniculatus* L., sometido a diferentes intensidades (IC) y frecuencias de cortes (FC) en la estación de primavera.

FC	IC			x	Sig.
	3 cm	6 cm	9 cm		
CSE	0.035 ^{Ba}	0.041 ^{Ba}	0.039 ^{Ba}	0.038 ^B	0.65
COP	0.052 ^{Ba}	0.061 ^{Ba}	0.053 ^{Ba}	0.055 ^B	0.86
CLI	0.108 ^{Aa}	0.108 ^{Aa}	0.097 ^{Aa}	0.104 ^A	0.37
x	0.065 ^a	0.070 ^a	0.063 ^a	0.066	0.68
Sig.	0.001	0.02	0.01	0.002	

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p > 0.05$). Sig. = Significancia. Corte Severo (CSE= 28 días), Corte Óptimo (COP= 35 días), Corte Ligero (CLI= 42 días).

4.6 Área foliar

En el Cuadro 6, se muestra el área foliar por tallo de *Lotus corniculatus L.*, en la estación de primavera, cosechada a diferentes intervalos e intensidades de corte. La frecuencia de corte no mostró ningún ($p>0.05$) sobre las intensidades de corte. Los mayores promedios se observaron en el COP con 14.9 cm^2 de hoja, siendo estadísticamente similar al valor registrado en el CLI con 14.0 cm^2 . Por el contrario, los menores valores se registraron en el CSE, con promedio de 10.7 cm^2 . Sin embargo, el área foliar solo fue influenciada por la intensidad de corte CSE, cuando la planta fue cosechada a los 28 días, a una altura de 6 cm con 12.7 cm^2 , estadísticamente igual al cosecharse a los 9 cm con 10.1 cm^2 ($p>0.05$). En los promedios de intensidad no se registraron diferencias significativas con 13.1 cm^2 ($p>0.05$).

Arroyo (2020), señala que los mayores valores se presentan a partir de la semana cuatro con 24.1 cm^2 . En promedios semanales señalan que en la semana siete la planta tiene mayor área foliar por tallo, mientras en la semana uno y dos los valores son menores 12 y 14 cm^2 . Estos resultados difieren con resultados obtenidos en este experimento. Aparicio *et al.* (2004), menciona que al igual que la tasa de crecimiento y número de hojas por tallo, el índice de área foliar aumenta conforme incrementa la edad del rebrote, hasta alcanzar un máximo, para luego disminuir progresivamente en consecuencia de la caída de las hojas. Es decir, cuando las hojas superiores sombrean a las hojas de la parte inferior por debajo de su compensación de luz, lo que ocasionó una reducción en el número de hoja por tallo.

Cuadro 6. Área foliar por tallo ($\text{cm}^2 \text{ tallo}^{-1}$) de *Lotus corniculatus* L., sometido a diferentes intensidades (IC) y frecuencias de cortes (FC) en la estación de primavera.

FC	IC			x	Sig.
	3 cm	6 cm	9 cm		
CSE	9.4 ^{Ab}	12.7 ^{Aa}	10.1 ^{Bab}	10.7 ^B	0.11
COP	14.6 ^{Aa}	15.1 ^{Aa}	15.1 ^{Aa}	14.9 ^A	0.75
CLI	13.1 ^{Aa}	15.1 ^{Aa}	13.6 ^{ABa}	14.0 ^{AB}	0.95
x	12.4 ^a	14.3 ^a	12.9 ^a	13.1	0.86
Sig.	0.05	0.63	0.01	0.06	

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p > 0.05$). Sig. = Significancia. Corte Severo (CSE= 28 días), Corte Óptimo (COP= 35 días), Corte Ligeró (CLI= 42 días).

4.7 Altura de la planta

En el Cuadro 7, se presentan los cambios en las alturas de *Lotus corniculatus* L., cosechado a diferentes frecuencias e intensidades de corte, en condiciones de invernadero. Se observaron diferencias significativas sobre la altura de las plantas en las intensidades de corte a los 3 y 9 cm, así mismo sobre la frecuencia de corte severo (CSE) ($p < 0.05$). En el CSE se observó mayor altura a cosechas de 6 cm con 21.3 cm, solo con diferencia estadística al cortar la planta a 3 cm con valor de 17.9 cm. En el resto de los intervalos de corte el promedio fue de 23.6 y 24.6 cm para el COP y CLI, respectivamente. En los promedios por frecuencia de corte, la mayor altura de planta se presentó en el CLI (24.6 cm) y menor en el CSE (20.1 cm). Así los en las intensidades de corte a los 3 y 9 cm de altura de corte, los COP y CLI, fueron similares estadísticamente.

Flores-Naveda *et al.* (2022), mencionan que la altura de la planta está relacionada con la edad de la misma, las mayores alturas se registraron cuando

la planta fue de mayor edad. Asimismo, a menor altura corresponde a menor rendimiento de forraje, en comparación de una mayor altura, mayor producción de forraje. Además, la altura y rendimiento están correlacionados con el hábito de crecimiento de los genotipos, que pueden variar de erecto a postrado y con el clima. Por su parte, García-Bonilla *et al.* (2015), en su estudio rendimiento y calidad de forraje de genotipos de *L. corniculatus* en el estado de México, encontró que las mayores alturas se registraron con temperaturas de 30 y 14 °C las mínimas, muestra que el crecimiento de la planta disminuye con el descenso de la temperatura y precipitación. En este sentido, las alturas más altas se reportan en temporadas con condiciones de humedad y temperatura óptimas para el desarrollo de esta especie.

Cuadro 7. Altura de planta (cm) de *Lotus corniculatus* L., sometido a diferentes intensidades (IC) y frecuencias de cortes (FC) en la estación de primavera.

FC	IC			x	Sig.
	3 cm	6 cm	9 cm		
CSE	17.9 ^{Bb}	21.3 ^{Aa}	21.1 ^{Bab}	20.1 ^B	0.11
COP	23.3 ^{ABa}	23.7 ^{Aa}	23.8 ^{Aa}	23.6 ^{AB}	0.38
CLI	24.6 ^{Aa}	25.2 ^{Aa}	24.6 ^{Aa}	24.6 ^A	0.15
x	21.9 ^a	23.4 ^a	23.0 ^a	22.8	0.72
Sig.	0.09	0.35	0.0064	0.13	

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p > 0.05$). Sig. = Significancia. Corte Severo (CSE= 28 días), Corte Óptimo (COP= 35 días), Corte Ligerito (CLI= 42 días).

V. CONCLUSIONES

El mayor rendimiento de forraje fue al cosechar la especie a un intervalo de corte de 35 y 42 días en la estación de primavera. La hoja fue el componente que más aportó al rendimiento total con valores mayores a un 65 %, seguida por el tallo, material muerto e inflorescencia. La composición morfológica solo se vio afectada por la intensidad de cosecha cuando la planta se cosechó a 35 y 42 días de rebrote.

La intensidad de corte de cosecha no afectó la producción de materia seca, peso de hoja por tallo, peso de tallo individual, área foliar por tallo y altura de planta, siendo afectada únicamente la relación hoja:tallo afectada, más no por la frecuencia de cosecha.

VI. LITERATURA CITADA

- Acuña, H., Figueroa, M., & De la Fuente, A. (1997).** Effect of sowing depth and soil water content on germination, initial stages of development and growth of *Lotus spp.*, in clay soils. *Agro-Ciencia (Chile)* 13(3), 265-274.
- Aguirre-Salado, C. A., Valdez-Lazalde, J. R., Ángeles-Pérez, G., de los Santos-Posadas, H. M., & Aguirre-Salado, A. I. (2011).** Mapeo del índice de área foliar y cobertura arbórea mediante fotografía hemisférica y datos SPOT 5 HRG: regresión y k-nn. *Agrociencia*, 45(1), 105-119.
- Álvarez Vázquez, P., Guerrero Rodríguez, J. D. D., García De Los Santos, G., Ortega Cerrilla, M. E., Mendoza Pedroza, S. I., & Joaquín Cancino, 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 Vázquez, P., Mendoza Pedroza, S. I., Santos García, G. D. L., Guerrero Rodríguez, J. D. D., Rojas García, A. R., & Encina Domínguez, 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-Vázquez, P., García de los-Santos, G., Guerrero-Rodríguez, J. D., Mendoza-Pedroza, S. I., Ortega-Cerrilla, M. E., & Hernández-Garay, A. (2018).** Comportamiento productivo de *Lotus corniculatus* L. dependiente de la estrategia de cosecha. *Agrociencia*, 52(8), 1081-1093.
- Aparicio, Y. V., Garay, A. H., Pérez, J. P., Castañeda, C. L., Harob, J. G. H., Quiroz, J. F. E., & Vázquez, A. G. (2004).** Patrones estacionales de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 42(2), 145-158.
- Arroyo, H. (agosto de 2020).** Comparación productiva de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L., en el ciclo de primavera. [Tesis de Licenciatura] 68 p.
- Obtenido:
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4731>

<2/K%2066748%20Arroyo%20P%c3%a9rez%2c%20Hugo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Ayala, W., & Carámbula, M. (2009).** El valor agronómico del género *Lotus*. Uruguay: INIA. 392 p.
- Barbazán, M., Ferrando, M., & Zamalvide, J. (2008).** Diagnóstico nutricional de *Lotus corniculatus* L. en suelos de Uruguay. *Informaciones Agronómicas*, 39(1), 6-13.
- Barry, T. N., & McNabb, W. C. (1999).** The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. *British journal of nutrition*, 81(4), 263-272.
- Briske, D. D. (1991).** Developmental morphology and physiology of grasses. *Grazing management: an ecological perspective*, 85, 108.
- Botrel, MA y Gomide, JA (1981).** Importancia del teor dos carbohidratos de reserva y de la sobrevivencia de los meristemas apicais para la rebrota del capim-Jaragua (*Hyparrhenis rufa* (Ness) Stapf). *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. 10 (3), 411 - 426.
- Bullard, MJ y Crawford, TJ (1995).** Productividad de *Lotus corniculatus* L. (trébol de patas de pájaro) en el Reino Unido cuando se cultiva en condiciones de bajos insumos como plantas espaciadas, monocultivos o mezclas de pastos. *Ciencia de pastos y forrajes*, 50 (4), 439-446.
- Canals, R., Peralta, J. y Zubiri, E. (2009).** *Flora Pratense y Forrajera Cultivada de la Península Ibérica*. UNAVARRA, Pamplona, España, pp. 2.
- Carámbula, M. (2002).** Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje, 357.
- Castillo Cabrera, C. (2021).** Reproducción vegetativa y comportamiento productivo de trébol pata de pájaro (*Lotus Corniculatus* L.) (Doctoral dissertation), 59 p.
- Castro, R. R., Hernández G. A., Pérez P. J., Hernández G. J., Quero C. A. R., Enríquez Q. J. F., y Martínez H. P. A. 2012.** Comportamiento productivo de cinco asociaciones gramíneas-leguminosas bajo condiciones de pastoreo. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 35(1), 87-95 p.

- Chapman D.F., Lemaire G. (1993).** Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In Proceedings of the XVII International Grassland Congress. Palmerston, New Zealand. SIR Publ., Wellington, New Zealand; pp. 95-104.
- Climate.Data.org. (2010).** (27 noviembre 2022) Obtenido: <https://es.climate-data.org/america-delnorte/mexico/coahuila-de-zaragoza/salttillo-4988/>
- Díaz, P., Borsani, O., & Monza, J. (2005).** *Lotus-related* species and their agronomic importance. *Lotus japonicus* handbook, 25-37.
- Finn, BJ, Bourget, SJ, Nielsen, KF y Dow, BK (1961).** Efectos de diferentes tensiones de humedad del suelo sobre especies de gramíneas y leguminosas. *Revista Canadiense de Ciencias del Suelo*, 41 (1), 16-23.
- Edmeades, DC, Wheeler, DM y Christie, RA (1991).** Los efectos del aluminio y el pH en el crecimiento de una variedad de especies y cultivares de pastos templados. En *Interacciones planta-suelo a bajo pH* (pp. 913-924). Springer, Dordrecht.
- Flores-Naveda, Antonio & Alvarez-Vázquez, Perpetuo & Mendoza-Pedroza, Sergio & Ventura-Rios, Joel & García López, Josué. (2022).** Forage yield of lotus (*Lotus corniculatus* L.) by varying the criterion at the time of harvest. *Fresenius Environmental Bulletin*, 31 (8), 7615 - 7622.
- Formoso, F. (1995).** Época de diferenciación floral y alargamiento de entrenudos en *Festuca aredinacea* cv *Estanzuela Tacuabé*, *Falaris aquatica* cv *Estanzuela Urunday* y *Dactylis glomerata* cv INIA LE Oberón. INIA Serie Técnica, 15 p.
- García Bonilla, D. V. (2011).** Evaluación productiva y de calidad forrajera de 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. y su posible utilización en regiones templadas del estado de Puebla (Master's thesis). 86 p.
- García-Bonilla, D. V., Guerrero-Rodríguez, J. D. D., García-de los Santos, G., & Lagunes-Rivera, S. A. (2015).** Rendimiento y calidad de forraje de genotipos de *Lotus corniculatus* en el Estado de México. *Nova scientia*, 7(13), 170-189.

- Gómez, G. G. (2022).** Comparación Productiva de Tres Genotipos de *Lotus corniculatus* L., en el Sureste de Coahuila, México. [Tesis de Licenciatura] 59 p. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/48348/K%2067442%20Gallegos%20G%c3%b3mez%2c%20Gerardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>,
- Gower, ST, Kucharik, CJ y Norman, JM (1999).** Estimación directa e indirecta del índice de área foliar, fAPAR y producción primaria neta de ecosistemas terrestres. Detección remota del medio ambiente, 70 (1), 29-51.
- Guzmán, F. J. H., Vázquez, P. Á., Naveda, A. F., Montejo, N. C., García, C. Y. W., & Martínez, R. M. (2021).** Rendimiento de forraje de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L., en función de la edad al corte. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 8(2), 34.
- Hodgson, J. (1990).** Grazing management. Science into practice. Longman Group UK Ltd. 1990 págs. 203 págs. ref. 7
- IBUNAM, (1995).** Departamento de Botánica, Instituto de Biología. *Lotus corniculatus* L., ejemplar de: Herbario Nacional de México (MEXU), Plantas Vasculares. En Portal de Datos Abiertos UNAM (en línea), México, Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: <http://datosabiertos.unam.mx/IBUNAM:MEXU:830485>
- Izaguirre, P., & Beyhaut, R. (1998).** Las leguminosas en Uruguay y regiones vecinas. Parte 1: Papilionoideae, 548 pags.
- Keoghan, JM y Burgess, RE. (1987).** La búsqueda de un *Lotus pedunculatus* mejorado para los sistemas pastorales de las tierras altas. En Procedimientos de la Asociación de Pastizales de Nueva Zelanda (págs. 125-129).
- Laureano, J. A. (2022).** Producción de Forraje de Tres Genotipos de *Lotus corniculatus* L. en el Sureste de Coahuila, México., [Tesis de Licenciatura] 58 p. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4814>

[4/K%2067330%20Laureano%20Ortiz%2c%20Juan%20Alfredo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)

- Lemaire, G., Hodgson, J., Moraes, A. D., Carvalho, P. D. F., & Nabinger, C. (2000).** Grassland ecophysiology and grazing ecology. CABI. Publishing, Wallingford, págs. 127–150
- Lowther, WL (1991).** Comparación de céspedes a base de loto maku (*Lotus pedunculatus*) y trébol (*Trifolium spp.*) con y sin fertilizante regular de fósforo. Revista de Investigación Agrícola de Nueva Zelanda, 34 (3), 335-339.
- Mendoza Pedroza, S. I., Hernández Garay, A., Pérez Pérez, J., Quero Carrillo, A. R., Escalante Estrada, J. A. S., Zaragoza Ramírez, J. L., & Ramírez Reynoso, O. (2010).** Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 1(3), 287-296.
- Mentz, A.; Ostefeld, C. H. (1917).** *Lotus corniculatus* L., Plate 324. Obtenido de Biodiversity Heritage Library:
<https://www.biodiversitylibrary.org/item/39935#page/129/mode/1up>
- Muslera Pardo, E. D. (1991).** Praderas y forrajes: producción y aprovechamiento (No. 04; SB199, M8 1991.), 674 p.
- Pichard, G., Alcalde, J. A., Ruiz, M. E., & Ruiz, A. (1990).** Determinación de carbohidratos no estructurales Nutrición de rumiantes: guía metodológica de investigación Determination of nonstructural carbohydrates Ruminant nutrition research: methodological guidelines (No. IICA-L51 R954 IICA ID-23). IICA, San José (Costa Rica). Red de Investigación en Sistemas de Producción Animal en Latinoamérica-RISPAL, pp 3-20.
- Rincón Guerrero, N., Olarte Quintero, M. A., & Pérez Naranjo, J. C. (2012).** Determinación del área foliar en fotografías tomadas con una cámara web, un teléfono celular o una cámara semiprofesional. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 65(1), 6399-6405.
- Rodríguez, S. F. 1989.** Fertilizantes. Nutrición Vegetal. A. G. T. Editor, S. A. México, D.F. 157 p.

- SIAP, S. D. (2018).** La ganadería: símbolo de fortaleza del campo mexicano. (15 noviembre 2022). Obtenido de <https://www.gob.mx/siap/articulos/la-ganaderia-simbolo-de-fortaleza-del-campo-mexicano>
- Silveira, D. (2011).** Caracterización agronómica de las leguminosas más utilizadas en Uruguay. y. Paysandú, Facultad de Agronomía. 48 p.
- Striker, GG, Insausti, P., Grimoldi, AA, Ploschuk, EL y Vasellati, V. (2005).** Bases fisiológicas y anatómicas de la tolerancia diferencial a la inundación del suelo de *Lotus corniculatus* L. y *Lotus glaber* Mill. *Planta y Suelo*, 276 (1), 301-311.
- Tang, M. (1986).** Factores que afectan la simbiosis leguminosa-rhizobium. *Pastos y forrajes*, 9(3), 193-209.
- Tejos Maza, R. (1983).** Efecto de niveles de carbohidratos no estructurales totales en el rebrote de *Stylosanthes capitata* Vog (No. T310), 56 p.
- Watson, DJ (1947).** Estudios fisiológicos comparativos sobre el crecimiento de cultivos de campo: I. Variación en la tasa de asimilación neta y área foliar entre especies y variedades, y dentro y entre años. *Anales de botánica*.11(41), 41-76.
- Zanoniani, R. A. (2004).** Leguminosas forrajeras del género *Lotus* en el Uruguay^ cRamiro A. Zanoniani y Fernando Ducamp. *Cangüé*. 25(1): 5-11.
- 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), 98 p.

VII. ANEXOS

Cuadro 8. Rendimiento de materia seca (g MS planta⁻¹) de *Lotus corniculatus* L., sometido a diferentes intensidades de corte (IC) y frecuencias de cortes (FC) en la estación de primavera.

FC	Intensidades de corte (IC)			x	Sig.	EEM	DMS
	3 cm	6 cm	9 cm				
CSE	14 ^{Ba}	17 ^{Ba}	20 ^{Aa}	17 ^B	0.6	5.3	11.5
COP	22 ^{ABa}	27 ^{Aa}	30 ^{Aa}	26 ^A	0.2	5.3	11.5
CLI	30 ^{Aa}	29 ^{Aa}	29 ^{Aa}	29 ^A	0.0	1.5	3.3
x	22 ^a	24 ^a	26 ^a	24	0.3	3.2	7.1
Sig.	0.03	0.00	0.40	0.02			
EEM	5.2	1.8	5.7	3.3			
DMS	11.2	4.01	12.5	7.2			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p > 0.05$). Sig. = Significancia. DMS = Diferencia Mínima Significativa. Corte Severo (CSE= 28 días), Corte Óptimo (COP= 35 días), Corte Ligero (CLI= 42 días).

Cuadro 9. Composición morfológica (%) de *Lotus corniculatus* L. cosechado a diferentes intervalos (CSE, COP y CLI) e intensidades de corte (IC), bajo condiciones de invernadero en el sureste de Saltillo, Coahuila.

IC	Corte Severo (CLI)				Sig.	EEM	DMS
	Hoja	Tallo	M.M.	Inflo.			
3 cm	65 ^{Aa}	33 ^{Ab}	2 ^{Ac}	0 ^{Ac}	<.0001	7.6	16.8
6 cm	71 ^{Aa}	27 ^{Ab}	2 ^{Ac}	0 ^{Ac}	<.0001	4.5	10.1
9 cm	76 ^{Aa}	22 ^{Ab}	1 ^{Ac}	0 ^{Ac}	<.0001	4.0	8.8
x	71 ^a	27 ^b	2 ^c	0 ^c	<.0001	2.3	5.1
Sig.	0.4	0.4	0.7	0			
EEM	7.7	7.2	1.9	0			
DMS	16.7	15.6	4.2	0			
IC	Corte Optimo (COP)				Sig.	EEM	DMS
	Hoja	Tallo	M.M.	Inflo.			
3 cm	66 ^{Ba}	33 ^{Ab}	1 ^{Ac}	0 ^{Ac}	<.0001	8.5	18.8
6 cm	71 ^{ABa}	28 ^{Ab}	1 ^{Ac}	0 ^{Ac}	<.0001	2.7	6.0
9 cm	77 ^{Aa}	22 ^{Ab}	2 ^{Ac}	0 ^{Ac}	<.0001	5.7	12.5
x	71 ^a	28 ^b	1 ^c	0 ^c	<.0001	4.8	10.77
Sig.	0.04	0.1	0.4	0			
EEM	5.04	6.2	1.3	0			
DMS	10.9	13.5	2.9	0			
IC	Corte Ligero (CLI)				Sig.	EEM	DMS
	Hoja	Tallo	M.M.	Inflo.			
3 cm	65 ^{Aa}	29 ^{ABb}	6 ^{Ac}	0 ^{Ac}	<.0001	4.7	10.3
6 cm	66 ^{Aa}	31 ^{Ab}	3 ^{Ac}	0 ^{Ac}	<.0001	2.5	5.6
9 cm	71 ^{Aa}	26 ^{Bb}	3 ^{Ac}	0 ^{Ac}	<.0001	2.2	4.8
x	67 ^a	28 ^b	4 ^c	0 ^c	<.0001	2.2	4.9
Sig.	0.1	0.08	0.5	0			
EEM	3.01	2.07	3.9	0			
DMS	6.5	4.5	8.6	0			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p > 0.05$). Sig. = Significancia. DMS = Diferencia Mínima Significativa. CSE= 28 días, COP= 35 días, CLI= 42 días. M.M. = Material muerto.

Cuadro 10. Composición morfológica (g MS planta⁻¹) de *Lotus corniculatus* L. cosechado a diferentes intervalos (CSE, COP y CLI) e intensidades de corte (IC), bajo condiciones de invernadero en el sureste de Saltillo, Coahuila.

IC	Corte Severo (CSE)				Sig.	EEM	DMS
	Hoja	Tallo	M.M.	Inflo.			
3 cm	9 ^{Aa}	5 ^{Aa}	0 ^{Ab}	0 ^{Ab}	0.001	1.9	4.2
6 cm	12 ^{Aa}	5 ^{Ab}	0 ^{Ac}	0 ^{Ac}	<.0001	1.2	2.6
9 cm	16 ^{Aa}	4 ^{Ab}	0 ^{Abc}	0 ^{Ac}	<.0001	2.0	4.6
x	12 ^a	5 ^b	0 ^c	0 ^c	<.0001	0.5	1.2
Sig.	0.3	0.9	0.7	0			
EEM	3.8	1.7	0.4	0			
DMS	8.4	3.8	0.9	0			
IC	Corte Optimo (COP)				Sig.	EEM	DMS
	Hoja	Tallo	M.M.	Inflo.			
3 cm	15 ^{Aa}	7 ^{Ab}	1 ^{Abc}	0 ^{Ac}	0.0004	2.7	6.0
6 cm	18 ^{Aa}	8 ^{Ab}	1 ^{Ac}	0 ^{Ac}	<.0001	1.2	2.6
9 cm	21 ^{Aa}	7 ^{Ab}	1 ^{Ac}	0 ^{Ac}	<.0001	1.5	3.4
x	18 ^a	8 ^b	1 ^c	0 ^c	<.0001	1.3	2.9
Sig.	0.1	0.5	0.8	0			
EEM	3.3	2.4	0.7	0			
DMS	7.3	5.2	1.6	0			
IC	Corte Ligero (CLI)				Sig.	EEM	DMS
	Hoja	Tallo	M.M.	Inflo.			
3 cm	20 ^{Aa}	9 ^{Ab}	2 ^{Ac}	0 ^{Ac}	<.0001	1.7	3.7
6 cm	19 ^{Aa}	8 ^{Ab}	1 ^{Ac}	0 ^{Ac}	<.0001	2.2	5.0
9 cm	20 ^{Aa}	7 ^{Ab}	2 ^{Ac}	0 ^{Ac}	<.0001	2.2	4.8
x	19 ^a	8 ^b	2 ^c	0 ^c	<.0001	1.5	3.4
Sig.	0.03	0.1	0.2	0			
EEM	1.9	0.9	1.4	0			
DMS	4.3	2.1	3.2	0			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p>0.05$). Sig. = Significancia. DMS = Diferencia Mínima Significativa. CSE= 28 días, COP= 35 días, CLI= 42 días. M.M. = Material muerto.

Cuadro 11. Relación hoja/tallo (R:H/T) de *Lotus corniculatus* L., sometido a diferentes intensidades de corte (IC) y frecuencias de cortes (FC) en la estación de primavera.

FC	Intensidades de corte			x	Sig.	EEM	DMS
	3 cm	6 cm	9 cm				
CSE	2.7 ^{Aa}	2.9 ^{Aa}	3.4 ^{Aa}	3.0 ^A	0.4	0.6	1.4
COP	2.4 ^{Aa}	2.4 ^{Aa}	2.8 ^{Aa}	2.5 ^A	0.08	0.3	0.8
CLI	2.3 ^{Ab}	2.2 ^{Ab}	2.8 ^{Aa}	2.5 ^A	0.00	0.1	0.3
x	2.5 ^b	2.5 ^{ab}	3.0 ^a	2.6	0.05	0.2	0.4
Sig.	0.5	0.7	0.4	0.3			
EEM	0.5	0.6	0.4	0.3			
DMS	1.1	1.3	1.01	0.7			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p > 0.05$). Sig. = Significancia. DMS = Diferencia Mínima Significativa. Corte Severo (CSE= 28 días), Corte Óptimo (COP= 35 días), Corte Ligero (CLI= 42 días).

Cuadro 12. Peso de hoja por tallo (g MS tallo⁻¹) de *Lotus corniculatus* L., sometido a diferentes intensidades de corte (IC) y frecuencias de cortes (FC) en la estación de primavera.

FC	Intensidades de corte			x	Sig.	EEM	DMS
	3 cm	6 cm	9 cm				
CSE	0.074 ^{Ba}	0.081 ^{Aa}	0.072 ^{Ba}	0.076 ^B	0.8	0.02	0.04
COP	0.081 ^{Ba}	0.103 ^{Aa}	0.102 ^{ABa}	0.096 ^B	0.8	0.02	0.05
CLI	0.124 ^{Aa}	0.127 ^{Aa}	0.114 ^{Aa}	0.122 ^A	0.4	0.02	0.05
x	0.093 ^a	0.104 ^a	0.096 ^a	0.098	0.7	0.01	0.04
Sig.	0.02	0.1	0.01	0.01			
EEM	0.01	0.02	0.01	0.01			
DMS	0.03	0.05	0.03	0.02			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p > 0.05$). Sig. = Significancia. DMS = Diferencia Mínima Significativa. Corte Severo (CSE= 28 días), Corte Óptimo (COP= 35 días), Corte Ligeró (CLI= 42 días).

Cuadro 13. Peso por tallo (g MS tallo⁻¹) de *Lotus corniculatus* L., sometido a diferentes intensidades de corte (IC) y frecuencias de cortes (FC) en la estación de primavera.

FC	Intensidades de corte			x	Sig.	EEM	DMS
	3 cm	6 cm	9 cm				
CSE	0.035 ^{Ba}	0.041 ^{Ba}	0.039 ^{Ba}	0.038 ^B	0.6	0.01	0.02
COP	0.052 ^{Ba}	0.061 ^{Ba}	0.053 ^{Ba}	0.055 ^B	0.8	0.01	0.03
CLI	0.108 ^{Aa}	0.108 ^{Aa}	0.097 ^{Aa}	0.104 ^A	0.3	0.02	0.05
x	0.065 ^a	0.070 ^a	0.063 ^a	0.066	0.6	0.01	0.02
Sig.	0.001	0.02	0.01	0.002			
EEM	0.01	0.01	0.01	0.01			
DMS	0.02	0.04	0.03	0.02			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p > 0.05$). Sig. = Significancia. DMS = Diferencia Mínima Significativa. Corte Severo (CSE= 28 días), Corte Óptimo (COP= 35 días), Corte Ligero (CLI= 42 días).

Cuadro 14. Área foliar (cm² tallo⁻¹) de *Lotus corniculatus* L., sometido a diferentes intensidades de corte (IC) y frecuencias de cortes (FC) en la estación de primavera.

FC	Intensidades de corte			x	Sig.	EEM	DMS
	3 cm	6 cm	9 cm				
CSE	9.4 ^{Aa}	12.7 ^{Aa}	10.1 ^{Bab}	10.7 ^B	0.1	1.4	3.0
COP	14.6 ^{Aa}	15.1 ^{Aa}	15.1 ^{Aa}	14.9 ^A	0.7	4.2	9.1
CLI	13.1 ^{Aa}	15.1 ^{Aa}	13.6 ^{ABa}	14.0 ^{AB}	0.9	3.9	8.6
x	12.4 ^a	14.3 ^a	12.9 ^a	13.1	0.8	2.7	5.9
Sig.	0.05	0.6	0.01	0.06			
EEM	2.5	3.1	1.7	1.4			
DMS	5.6	6.8	3.7	3.2			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p > 0.05$). Sig. = Significancia. DMS = Diferencia Mínima Significativa. Corte Severo (CSE= 28 días), Corte Óptimo (COP= 35 días), Corte Ligero (CLI= 42 días).

Cuadro 15. Altura de planta (cm) de *Lotus corniculatus* L., sometido a diferentes intensidades de corte (IC) y frecuencias de cortes (FC) en la estación de primavera.

FC	Intensidades de corte			Promedio	Sig.	EEM	DMS
	3 cm	6 cm	9 cm				
CSE	17.9 ^{Bb}	21.3 ^{Aa}	21.1 ^{Bab}	20.1 ^B	0.1	1.5	3.3
COP	23.3 ^{ABa}	23.7 ^{Aa}	23.8 ^{Aa}	23.6 ^{AB}	0.3	2.5	5.6
CLI	24.6 ^{Aa}	25.2 ^{Aa}	24.6 ^{Aa}	24.6 ^A	0.1	1.4	3.1
Promedio	21.9 ^a	23.4 ^a	23.0 ^a	22.8	0.7	1.5	3.4
Sig.	0.09	0.3	0.006	0.1			
EEM	2.7	2.3	0.9	1.9			
DMS	6.04	5.06	2.08	4.1			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p>0.05$). Sig. = Significancia. DMS = Diferencia Mínima Significativa. Corte Severo (CSE= 28 días), Corte Óptimo (COP= 35 días), Corte Ligero (CLI= 42 días).