

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



**Comparación Productiva de Tres Genotipos de *Lotus corniculatus*
L., en el Sureste de Coahuila, México**

Por:

GERARDO GALLEGOS GÓMEZ

TESIS

Presentada Como Requisito Parcial Para
Obtener El Título De:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Saltillo, Coahuila, México, mayo de 2022.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Comparación Productiva de Tres Genotipos de *Lotus corniculatus* L., en
el Sureste de Coahuila, México

POR:

GERARDO GALLEGOS GÓMEZ

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobada por:

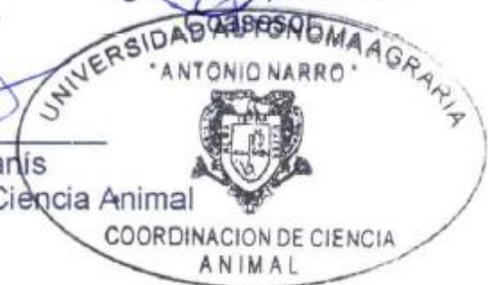
Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez
Asesor Principal

Dr. Antonio Flores Naveda
Coasesor

Dr. Antonio Encina Domínguez
Coasesor

Ing. Abel Hipólito Ruiz

Dr. José Dueñez Alanís
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, mayo 2022.

DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Saltillo, Coahuila, Mayo de 2022.

DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado “**Comparación Productiva de Tres Genotipos de *Lotus corniculatus* L., en el Sureste de Coahuila, México**” 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 del mismo, ni a un nuevo envío.

GERARDO GALLEGOS GÓMEZ

Nombre



Firma

RESUMEN

El objetivo del estudio fue comparar el comportamiento productivo y producción de materia seca de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L., y la var. Premium de alfalfa, con cortes fijos definidos en las estaciones primavera y verano. Las variables determinadas fueron: Rendimiento de Forraje (RF), Composición Botánica y Morfológica (CBM), Altura de la Planta (AP) y Relación Hoja:Tallo (R:H/T). Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con tres repeticiones, y se realizó un análisis de varianza con el PROC GLM del SAS y una comparación de medias con la prueba Tukey ($p < 0.05$). Los resultados mostraron que el genotipo 255301 registró mayor producción de forraje en la estación de verano ($p < 0.05$), con un promedio estacional de 12,928 kg MS ha⁻¹. En verano se registró un mayor rendimiento con un promedio de 10,430 kg MS ha⁻¹ respecto a primavera. En la CBM, la hoja fue el componente que mayor aporte hizo al rendimiento de forraje con un promedio 65, 65 y 69 % para los genotipos 226796, 232098, 255301, respectivamente, superior a los registrado en la alfalfa (49 %). En el rendimiento de forraje por componente, la hoja de los genotipos de *L. corniculatus*, respecto a la alfalfa, no obstante, esta última tuvo mayor cantidad de tallo, respecto a los *Lotus* y similar a la producción en hoja. También se registró mayor presencia de maleza en verano que primavera con un promedio de 10% en todos los cultivares. En la R:H/T se registró que los genotipos de *Lotus* presentaron mayores valores de 3.1, 3.0 y 3.2 para el 226796, 232098, y 255301, respectivamente. En la AP los mayores valores en la alfalfa se observaron con promedios de 55, 11, 15 y cm, respectivamente para los genotipos 226796, 232098, y 255301. En conclusión, el genotipo 255301 presentó el mejor comportamiento productivo, con mayor producción de forraje, superando al resto de los genotipos y a la alfalfa, la hoja fue el componente con mayor presencia en el rendimiento del forraje, aunque se registró la presencia de maleza y material muerto, pero con porcentajes bajos.

Palabras clave: *Lotus corniculatus* L., comportamiento productivo, rendimiento de forraje, composición botánica y morfológica.

ABSTRAC

The aim of the study was to compare the productive behavior and dry matter production of three genotypes of *Lotus corniculatus* L., and var. Premium alfalfa, with fixed cuts defined in the spring and summer seasons. The variables determined were: Forage Yield (RF), Botanical and Morphological Composition (CBM), Plant Height (AP) and Leaf Ratio: Stem (R:H/T). An experimental design of blocks was used completely randomly, with three repetitions, and an analysis of variance with the PROC GLM of the SAS and a comparison of means with the Tukey test was performed ($p < 0.05$). The results showed that the genotype 255301 recorded higher forage production in the summer season ($p < 0.05$), with a seasonal average of 12,928 kg MS ha⁻¹. In summer a higher yield was recorded with an average of 10,430 kg MS ha⁻¹ compared to spring. In the CBM, the leaf was the component that made the greatest contribution to forage yield with an average of 65, 65 and 69 % for genotypes 226796, 232098, 255301, respectively, higher than those recorded in alfalfa (49 %). In the yield of forage per component, the leaf of the genotypes of *L. corniculatus*, with respect to the alfalfa, however, the latter had greater quantity of stem, with respect to the Lotus and similar to the leaf production. There was also a higher presence of weed in summer than in spring with an average of 10% in all cultivars. In the R:H/T it was recorded that the Lotus genotypes presented higher values of 3.1, 3.0 and 3.2 for 226796, 232098, and 255301, respectively. In the PA, the highest values in alfalfa were observed with averages of 55, 11, 15 and cm, respectively for genotypes 226796, 232098, and 255301. In conclusion, the genotype 255301 presented the best productive performance, with greater production of forage, surpassing the rest of the genotypes and alfalfa, the leaf was the component with the highest presence in the yield of the forage, although the presence of weeds and dead material was recorded, but with low percentages.

Keywords: *Lotus corniculatus* L., productive behavior, forage yield, botanical and morphological composition.

AGRADECIMIENTOS

Más que nada agradezco a **DIOS** por darme una oportunidad de vida y estar en todos los momentos que he vivido, por darme salud y una gran familia que me apoya.

Agradezco más que da a mi familia **Gallegos Gómez** por brindarme apoyo incondicional en todos momentos buenos y malos, a mis padres y hermanos que gracias a ellos estoy agradecido con la vida.

A mi “ALMA TERRA MATER “la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** de darme la oportunidad de ser estudiante de esta gran institución dar las herramientas necesarias para mi desarrollo como profesionalismo.

A todos **mis profesores** que me enseñaron los conocimientos importantes para mi carrera y guiarme para ser un gran ingeniero.

A mi profesor el **Dr. Perpetuo Alvares Vázquez**, fue la persona en darme la confianza en este proyecto en brindar conocimiento, herramientas, tiempo y amistad para así concluir con mi carrera profesional.

Al departamento de **Recursos Naturales Renovables**, por permitirme utilizar sus laboratorios durante mi proceso. Así como a los técnicos y trabajadores; **T.L.Q. Martha Alicia De La Rosa, Ing. Rodolfo Monreal Pinal y al C. Juan Ramírez Rodríguez**, que me brindaron su ayuda durante la fase de campo y laboratorio.

A mis **Amigos** que si no fuera por su cariño y apoyo en compartir ideas que me ayudaron en este camino. En sobretodo a mis amigos de servicios de Ciencia Animal **Leticia, Ana Cristina, Misael, Maximiliano, Eduardo, Guadalupe, Rosy, Agustín, Andrea** y en especial a mis amigos **Orlando y Raúl Antonio** por dar un poco de su tiempo en el trabajo en campo y laboratorio.

DEDICATORIA

A mis padres

Javier Gallegos Miranda y Gloria del Carmen Gómez Núñez que son los pilares de mi vida que han estado siempre conmigo y que son mi motor a seguir delante de mis estudios y darme la confianza de cumplir mi carrera.

A mis hermanos

Francisco Javier y Gloria del Carmen que siempre contaba con su apoyo en mis decisiones, y que me ayudaban cuando más lo necesitaba.

A mis tíos

Antonio Gallegos y Agustín Gómez que han estado pendiente de toda mi carrera profesional que siempre me ayudaron y me escucharon en cumplir mis objetivos.

A mí querida amiga

Lizbeth Alarcón García (Q.E.P.D) por su amistad incondicional quien me brindo techo y comida que siempre sentí su cariño y su apoyo que dios lo tenga en su santa gloria y un abrazo hasta el cielo.

INDICE 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. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Antecedentes de Lotus Corniculatus L.....	3
2.1.1 Origen.....	3
2.1.2 Clasificación taxonómica	3
2.1.3 Descripción morfológica	4
2.1.4 Descripción agronómica	5
2.2 Factores edafoclimáticos que afectan la producción y crecimiento de los forrajes	5
2.2.1 Radiación solar e intercepción de luz.....	5
2.2.2 Temperatura.....	6
2.2.3 Fotosíntesis.....	7
2.2.4 Humedad.....	8
2.2.5 Características del suelo	9

2.3 Factores que afectan el rebrote de las plantas forrajeras	9
2.3.1 Meristemas de crecimiento.....	9
2.3.2 Reservas de carbohidratos.....	10
2.3.3 Índice de área foliar.....	11
2.3.4 Densidad de plantas	12
2.3.5 Frecuencia e intensidad de cosecha.....	12
III. MATERIALES Y METODOS	13
3.1 Descripción del sitio de estudio.....	13
3.2 Condiciones del clima durante el experimento.....	13
3.3 Manejo de las parcelas experimentales	14
3.4 Tratamientos y diseño experimental.....	14
3.5 Variables evaluadas.....	15
3.5.1 Rendimiento de forraje	15
3.5.2 Composición botánica - morfológica	15
3.5.3 Relación hoja-tallo.....	16
3.5.4 Altura de planta	16
3.6 Análisis estadístico.....	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1 Rendimiento de forraje.....	18

4.2 Composición botánica – morfológica.....	19
4.3 Relación hoja-tallo	22
4.4 Altura de la planta.....	23
V. CONCLUSIONES.....	25
VI. LITERATURA CITADA	26
VII. CUADROS DE ANEXOS COMPLEMENTARIOS	36

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Taxonomía de <i>Lotus corniculatus</i> L.....	3
Cuadro 2. Rendimiento de materia seca (kg MS ha ⁻¹) de tres genotipos cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días y alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) variedad Premium, cosechada durante primavera y verano cada 28 días en el Sureste de Coahuila, México.	19
Cuadro 3. Relación hoja-tallo (R:H/T) de tres genotipos de <i>L. corniculatus</i> cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días y alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) variedad Premium, cosechada durante primavera y verano cada 28 días en el Sureste de Coahuila, México.	23
Cuadro 4. Altura de planta de tres genotipos de <i>L. corniculatus</i> cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días y alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) variedad Premium, cosechada durante primavera y verano cada 28 días en el Sureste de Coahuila, México.	24
Cuadro 5. Rendimiento de materia seca (kg MS ha ⁻¹) de tres genotipos de <i>L. corniculatus</i> cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días y alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) variedad Premium, cosechada durante primavera y verano cada 28 días en el Sureste de Coahuila, México.	36
Cuadro 6. Composición Botánica-Morfológica (%) de genotipo 226796 de <i>L. corniculatus</i> cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días, en el Sureste de Coahuila, México.	37
Cuadro 7. Composición Botánica-Morfológica (%) de genotipo 232098 de <i>L. corniculatus</i> cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días.	38

Cuadro 8. Composición Botánica-Morfológica (%) de genotipo 2255301 de <i>L. corniculatus</i> cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días.	39
Cuadro 9. Composición Botánica-Morfológica (%) alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) variedad Premium, cosechada durante primavera y verano cada 28 días en el Sureste de Coahuila, México., en el Sureste de Coahuila, México.....	40
Cuadro 10. Rendimiento (kg MS ha ⁻¹) de los componentes botánicos y morfológicos del genotipo 226796 de <i>L. corniculatus</i> cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días, en el Sureste de Coahuila, México.....	41
Cuadro 11. Rendimiento (kg MS ha ⁻¹) de los componentes botánicos y morfológicos del genotipo 232098 de <i>L. corniculatus</i> cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días, en el Sureste de Coahuila, México.....	42
Cuadro 12. Rendimiento (kg MS ha ⁻¹) de los componentes botánicos y morfológicos del genotipo 255301 de <i>L. corniculatus</i> cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días, en el Sureste de Coahuila, México.....	43
Cuadro 13. Rendimiento (kg MS ha ⁻¹) de los componentes botánicos y morfológicos de alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) variedad Premium, cosechada durante primavera y verano cada 28 días en el Sureste de Coahuila, México, en el Sureste de Coahuila, México.....	44
Cuadro 14. Relación hoja:tallo (R:H/T) de tres genotipos de <i>L. corniculatus</i> cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días y alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) variedad Premium, cosechada durante primavera y verano cada 28 días en el Sureste de Coahuila, México.....	45
Cuadro 15. Altura de planta (cm) de tres genotipos de <i>L. corniculatus</i> cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días y alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) variedad Premium, cosechada durante primavera y verano cada 28 días en el Sureste de Coahuila, México.....	46

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes morfológicos y reproductivos del género Lotus (Águila Castro, H. 1979; citado por Ayala y Carámbula, 2009).	4
Figura 2. Medias quincenales de la temperatura máxima, mínima y precipitación acumulada.....	14
Figura 2. Composición botánica-morfológica de tres genotipos de <i>L. corniculatus</i> cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días y alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) variedad Premium, cosechada durante primavera y verano cada 28 días en el Sureste de Coahuila, México.....	21

I. INTRODUCCIÓN

La producción de bovinos es una de las principales actividades ganaderas en México para lo cual la base de la alimentación son los forrajes (Velazco *et al.*, 2001). Esta actividad se desarrolla en praderas principalmente, las cuales cubren una cuarta parte de la superficie mundial, ya que se considera la opción de la alimentación más abundante y de menor costo (Marcelino *et al.*, 2006).

El género *Lotus*, agrupa especies forrajeras de gran interés, ha sido reconocida a través de la especie de *Lotus corniculatus*, tanto en Uruguay, país donde esta muy difundido, como en otros países, en regiones con presencia de estrés edáfico, donde los géneros *Trifolium* y *Medicago* pueden encontrar limitantes para prosperar, ante condiciones crónicas de alta acidez y agudas, de baja disponibilidad de fosforo en el suelo (Ayala y Arámbula, 2009).

La especie *Lotus corniculatus* L., es una de las de mayor importancia forrajera, la cual se caracteriza por su alto valor nutricional similar al de la alfalfa y otros tréboles (Marley *et al.*, 2006). Es resistente al frío, la sequía y prospera en suelos inundados, ácidos y baja fertilidad, donde la alfalfa no crece (Canals *et al.*, 2009). Se reportan rendimientos de forraje entre 10,000 y 13,000 kg MS ha⁻¹ (Soto *et al.*, 2005; Ramírez-Restrepo *et al.*, 2006; Cárdenas *et al.*, 2007; Sartor *et al.*, 2010). Por tanto, es importante detectar cantidades sobresalientes en producción de materia seca y desarrollar estrategias de manejo que contribuyan a un mayor conocimiento sobre el comportamiento productivo de esta especie. Para tal caso se establecieron los siguientes objetivos.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

- ❖ Analizar el comportamiento productivo de los tres genotipos de *Lotus corniculatus* L. y una variedad de alfalfa (*Medicago sativa* L.), durante las estaciones de primavera y verano.

1.1.2. Objetivos Específicos

- ❖ Determinar el rendimiento de forraje y su composición botánica-morfológica de *Lotus corniculatus* L., y la var. Premium de alfalfa (*Medicago sativa* L.).
- ❖ Evaluar la relación hoja:tallo y altura de la planta de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L., y la var. Premium de alfalfa (*Medicago sativa* L.).

1.2. HIPÓTESIS

- ❖ Al menos uno de los genotipos de *Lotus corniculatus* L., presentará mejor comportamiento productivo que la var. Premium de la alfalfa.
- ❖ La hoja es el componente morfológico que más aporte hace al rendimiento total en los cultivares evaluados, seguida por el tallo, material muerto e inflorescencia.
- ❖ En la estación de verano se tendrán mejor comportamiento productivo en los materiales estudiados, respecto a la estación de primavera, debido a las condiciones climatológicas.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Antecedentes de *Lotus Corniculatus* L.

2.1.1 Origen

Existen cerca de 200 especies del genero *Lotus*. El Mediterráneo Europeo es el centro de mayor diversidad de este género, (Langler, 2003). *Lotus corniculatus* L. es una leguminosa perenne de origen del mediterráneo posee nueve variedades (Miñón et al., 1990). Es una especie de gran importancia forrajera y se distribuye en zonas geográficas de condiciones templadas de Europa, centro de Asia y norte de África (Gunn et al., 1992).

2.1.2 Clasificación taxonómica

En el Cuadro 1 se describe la clasificación taxonómica de *L. corniculatus*.

Cuadro 1. Taxonomía de *Lotus corniculatus* L.

Reino	Vegetal
División	Magnoliophita
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Subfamilia	Faboideae
Tribu	Loteae
Genero	<i>Lotus</i>
Especie	<i>corniculatus</i>

Fuente: Ayala y Carámbula, (2009).

2.1.3 Descripción morfológica

El género *Lotus*, presenta la primera hoja trifoliada que emerge desde el punto de crecimiento y se ubica entre los cotiledones, ello permite, a este género diferenciarlo de los géneros *Trifolium* y *Medicago*, ya que éstos presentan siempre la primera hoja unifoliada. Sus tallos forman matas densas y dependiendo de la especie, pueden mostrar hábitos de crecimiento erecto, decumbente o postrado; pudiendo ser desde glabros a pubescentes y desde macizos a huecos. Sus hojas son trifoliadas con estípulas bien desarrolladas parecidas a los folíolos, ubicadas en la base del pecíolo, lo que le confiere el nombre de pentafoliada (cinco folíolos). La inflorescencia es una umbela compuesta por varias flores de 1-12, sostenidas por un pedúnculo floral insertado en las axilas de las hojas superiores de los tallos. Su cáliz está formado por cinco sépalos unidos, dentados, glabros o pubescentes. La corola por tres pétalos, un estandarte superior, dos alas laterales y la quilla por dos pétalos unidos (Ayala y Carámbula, 2009).

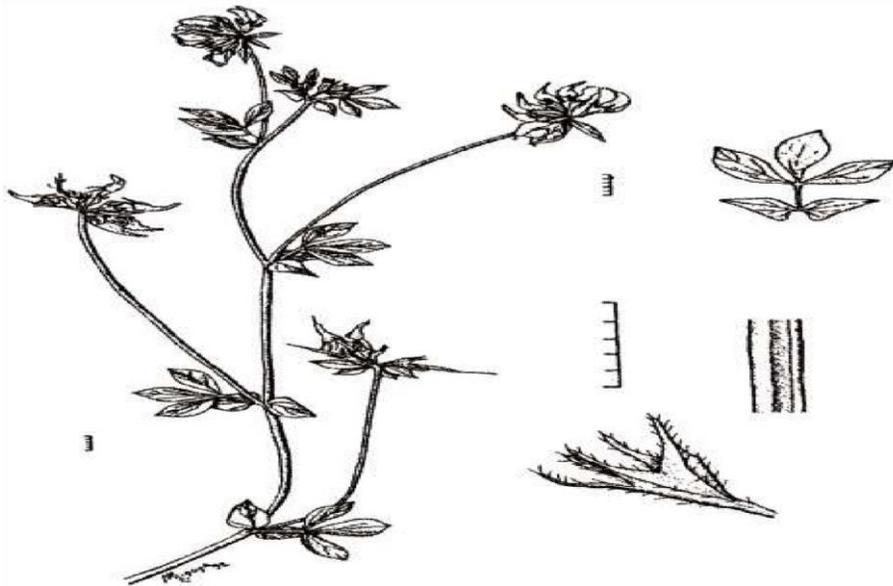


Figura 1. Componentes morfológicos y reproductivos del género *Lotus* (Águila Castro, H. 1979; citado por Ayala y Carámbula, 2009).

Las flores son amarillas con tonalidades que de pálidas a intensas casi anaranjadas, a veces con matices rojizos en las nervaduras. El rasgo más característico de este género, es el fruto en forma de vaina alargada y estrecha agrupada en diferente número, reflejando una pata de pájaro ubicada en ángulo recto con el pedúnculo floral. Las vainas maduras son altamente dehiscentes, dividiéndose longitudinalmente en dos a lo largo de las suturas centrales y retorciéndose en formas de espiral liberando violentamente a las semillas lejos de la planta madre (Ayala y Carámbula, 2009), lo que se especifica gráficamente en la Figura 1.

2.1.4 Descripción agronómica

Trébol pata de pájaro, es una especie perenne (Ayala y Carámbula, 2009). Se desarrolla a una altitud que va de los 2,000 a los 3,000 m (Muslera y Ratera, 1991). Tolerancia al frío, calor y de forma moderada la sequía estival; sin embargo, se desarrolla mejor en climas fríos y húmedos con precipitaciones de 400 a 1200 mm (Canals *et al.*, 2009). Su calidad nutricional es comparable con la alfalfa (*Medicago sativa* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.), dado a su alta relación hoja tallo (Cassida *et al.*, 2000), su contenido de proteína en base seca es de 18.9 a 21.8 % (García *et al.*, 2014), con bajo contenido de celulosa y más contenido de carbohidratos no estructurales (Grant, 2009). La digestibilidad de la materia seca fluctúa entre 77 a 79 % y la fibra detergente ácida entre 24 y 30 % (Cassida *et al.*, 2000). Adicionalmente, presenta taninos condensados, que previenen el timpanismo en rumiantes e impiden la formación de gases y espuma en el rumen, además de proteger a las proteínas de la degradación en el rumen (Williams *et al.*, 2011).

2.2 Factores edafoclimáticos que afectan la producción y crecimiento de los forrajes

2.2.1 Radiación solar e intercepción de luz

La radiación solar es el elemento meteorológico de mayor importancia en el desarrollo de las plantas (Geiger *et al.*, 2003). Las variaciones temporales en las

intensidades de la radiación solar afectan la tasa fotosintética, morfología y crecimiento. La cantidad de radiación solar total que llega a la pradera es determinada por la latitud, altitud, hora del día y claridad de la atmósfera (Kimmins, 1987). Considerando que el dosel de la pradera es una estructura tridimensional que cambia a través del tiempo (Grant, 1997), se entiende que esta modifica la reflexión, transmisión y absorción de la luz (Geiger *et al.*, 2003). De esta forma, solo una proporción de la radiación es interceptada y otra menor alcanza la superficie del suelo (Kimmins, 1987). La radiación interceptada por las plantas y la eficiencia de estas para fijar CO₂, son los principales factores que afectan la producción de forraje (Sinclair and Muchow, 1999). Así mismo, el aumento en la proporción de hojas ayuda a que haya una mayor interceptación de luz (Álvarez, 2013). En muchos cultivos se ha demostrado que la cantidad de luz interceptada por las plantas es directamente proporcional a la producción de materia seca (Monteith, 1977; Lommen, 1999; Tsegaye and Struik, 2003). En especies forrajeras, se ha establecido como punto óptimo de cosecha cuando la pradera intercepta el 95 % de luz incidente sobre ella, 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 (DaCunha *et al.*, 2010). Por su parte Pereira *et al.* (2017), establecen que la competencia entre tallos por luz se incrementa después de que el dosel intercepta un 95 % de luz. En zacates tropicales se ha observado que la cantidad de luz interceptada, representada por el porcentaje que pasa a través del dosel, puede ser utilizada para definir el momento de cosecha óptimo (Da Silva *et al.*, 2009; Difante *et al.*, 2010). No obstante, en trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) no se ha incursionado en determinar su comportamiento productivo en función de la interceptación de luz por la planta.

2.2.2 Temperatura

La temperatura regula la intensidad de las reacciones enzimáticas del ciclo de Calvin, que resulta en la tasa de acumulación de materia seca (Da Silva *et al.*, 2008). Cada especie forrajera manifiesta su mejor comportamiento en un rango de temperatura específico, en la cual ocurre una máxima actividad enzimática (Baruch y

Fisher, 1991). En leguminosas, la temperatura influye en el crecimiento y aparición de hojas y estolones. Así mismo, este elemento del clima, puede ser modificado total o parcialmente mediante el manejo de la pradera (Clark *et al.*, 1996). En el género *Lotus*, la temperatura afecta en los procesos de germinación e inicio de crecimiento, a bajas temperaturas y presencia de heladas (Keoghan y Burgess, 1987). Debido que la especie no presenta latencia invernal total y la producción de forraje en invierno, depende de la presencia de temperaturas moderadas (Ayala y Carámbula, 2009).

A nivel de la raíz, la temperatura tiene influencia en el establecimiento y persistencia. En verano en presencia de temperaturas altas, se reportan reducciones en las reservas de carbohidratos y absorción de nutrientes por las raíces (Ayala y Carámbula, 2009). Especies de este género han manifestado afectaciones en nódulos para realizar la actividad fijadora de Nitrógeno. Por debajo de 7 °C la fijación de Nitrógeno es mínima y se incrementa de 10 a 30 °C, por arriba de este rango se produce la muerte y desprendimiento de nódulos, estableciendo a 27 °C la temperatura óptima (Roa, 1997). En general, la especie se adapta a temperaturas medias mensuales entre 16 y 27 °C, pero también crece en regiones cálidas a temperaturas entre 27 a 38 °C, por lo que su temperatura base de crecimiento se determina en los 18 °C (Muslera y Ratera, 1999).

2.2.3 Fotosíntesis

La fotosíntesis se realiza en las hojas con capacidad fotosintética. Se generan sustancias que son utilizadas para el crecimiento, respiración, rebrote y reproducción. Una mínima cantidad de estas sustancias son almacenadas para utilizarse en el periodo de reposo, en el rebrote de invierno y fase reproductiva en verano (Jiménez y Avendaño, 1988). Por otra parte, la capacidad fotosintética de una especie depende de la intensidad de luz. A una baja intensidad de luz, la tasa fotosintética disminuye, ya que es proporcional al flujo de fotones. Cuando la curva de fotosíntesis en relación a la intensidad luminosa se vuelve asintótica la planta alcanza la saturación de luz (Salomé, 2014).

El rango de saturación de luz en forrajes se ubica entre 500 y 1500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. En plantas con un metabolismo C4 no se alcanza una saturación lumínica aún a mayores intensidades de luz, respecto a plantas de metabolismo C3 (Strasburguer *et al.*, 2004). La variación en la intensidad luminosa afecta la fotosíntesis neta, la cual declina con la edad de la hoja (Briske, 1991). Así mismo, la tasa fotosintética es más alta en plantas defoliadas. Esta respuesta es conocida como fotosíntesis compensatoria, explicada por la actividad fotosintética de hojas jóvenes, en combinación con cambios en la intensidad de luz y factores endógenos (McKenzie *et al.*, 1999).

2.2.4 Humedad

El agua es esencial para el transporte de nutrientes minerales del suelo hacia la planta, y como un medio para el movimiento de las enzimas y actividad catalítica. De esta forma, la humedad determina el potencial productivo de un forraje, afectando de forma significativa el crecimiento de las plantas y su persistencia. Si bien puede ser modificada mediante riego, cuando se carece de este, su presencia determinará la especie a cultivar (Ayala y Carambula, 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). Especies del género *Lotus*, 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 Carambula, 2009). En contraparte, con un exceso de humedad se crea en el suelo un medio anaeróbico, provoca en la planta clorosis, hipertrofias en los parénquimas 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). También, el exceso de humedad provoca el aborto de flores y vainas (Vignolio *et al.*, 1994).

2.2.5 Características del suelo

Las propiedades del suelo tienen una función importante en la producción de forrajes (Kemp *et al.*, 1999). Las físicas determinan las condiciones de resistencia del crecimiento de las raíces, difusión de gases y capacidad de retención de humedad. Las por su parte las químicas; como la acidez o alcalinidad del suelo, afectan al disponibilidad o restricción de nutrientes. Un pH bajo, restringe nutrimentos como el Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio y vuelve disponibles otros como el Zinc, Aluminio y Manganeso (Edmeades *et al.*, 1991). También la producción de forrajes, depende de la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo (Horrocks y Vallentine, 1999). Esta condición puede ser modificada mediante la elección del sitio y aplicación de fertilizantes (Ayala y Carambula, 2009). Los nutrimentos más importantes son el Nitrógeno, Fósforo y Potasio (Hodgson, 1990). El género *Lotus*, tolera suelos ácidos con valores de pH entre 4.5 y 5.2. La falta de Fósforo en *Lotus corniculatus*, reduce la altura, peso de hojas, raíces y nódulos. Así mismo, la exclusión de Potasio, incrementa la concentración de Calcio y Magnesio (Acuña *et al.*, 1997).

2.3 Factores que afectan el rebrote de las plantas forrajeras

2.3.1 Meristemas de crecimiento

Los meristemas de crecimiento se definen como 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). Los meristemas son regiones celulares de las plantas, formados por células que, siempre son embrionarias, pero cuya multiplicación y diferenciación se forma del resto de los tejidos. Se pueden distinguir entre meristemas primarios, de los que depende el crecimiento en longitud y meristemas secundarios, que producen engrosamiento de los tallos y raíces (Rojas, 1993). Las zonas meristemáticas se localizan en la base de las hojas más jóvenes de las plantas (Tomlison y O'connor, 2004). 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). 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).

2.3.2 Reservas de carbohidratos

Los primeros en definir las reservas de carbohidratos fueron Graber *et al.* (1927), al mencionar que están constituidos por carbohidratos y compuestos nitrogenados elaborados, almacenados y utilizados por la planta como alimento para mantenimiento y desarrollo de hojas y raíces. Esos carbohidratos llamados “carbohidratos disponibles totales” son utilizados para proporcionar energía a la planta (Weinmann, 1947). Después de una defoliación moderada a severa la planta inicia una fase transitoria con variación en sus patrones de disponibilidad y distribución de C y nutrientes, para reestablecer el balance previo existente entre el tallo y la raíz; así la disponibilidad de recursos modifica la prioridad de asignación, pues pueden alterar la relación raíz: parte aérea y la magnitud de los recursos entre estos órganos (Briske *et al.*, 1996). Las reservas de carbohidratos en las plantas se dividen en estructurales y no estructurales. Los estructurales, forman parte de la pared celular en forma de celulosa, hemicelulosas 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 (sucosa y maltosa) y polisacáridos (almidón y fructosanos) (Smith y Nelson, 1967). Estos componentes proporcionan la energía necesaria para iniciar el rebrote (Duthil, 1989). Por tanto, una planta con suficientes reservas de carbohidratos, puede mantener el crecimiento después de una defoliación (Hodgson, 1990). Esto sucede cuando el área foliar remanente con capacidad fotosintética es nula o insuficiente para producir fotoasimilados (Volenc y

Nelson, 1983). Por tanto, para lograr un adecuado rebrote, la utilización de una pradera debe realizarse cuando la planta ha restituido las reservas de carbohidratos y haya generado nuevos puntos de crecimiento (Briske *et al.*, 1996).

2.3.3 Índice de área foliar

El índice de área foliar se define como la cantidad de hoja acumulada sobre el nivel del suelo o la superficie de área de hoja por unidad de suelo (Lemaire y Chapman, 1996). Hodgson (1990), define el índice de área foliar (IAF) como la relación entre la superficie de las hojas presentes por unidad de área de suelo. Este concepto se vuelve importante, ya que determina la cantidad de luz interceptada por la pradera. Fue propuesto por Watson (1947), como una forma de estimar la capacidad productiva de una pradera. De acuerdo con, Difante *et al.* (2010) un índice de área foliar óptimo es aquel en el que la pradera intercepta el 95 % de luz incidente. Baguet y Bavera (2001) menciona que a medida que el índice de área foliar se incrementa, la cantidad de luz que alcanza la superficie del suelo a través del dosel se reduce. Así mismo, ellos consideran un índice de áreas foliar crítico es cuando el 100 % de la luz incidente es interceptada, condición bajo la cual la tasa de crecimiento es máxima, la cantidad de hojas es excesiva y las hojas basales deja de recibir luz y tienden a renacer. Al respecto, se ha indicado que conforme se aumenta el índice de área foliar (IAF) se incrementa la cantidad de luz interceptada, y con ello, la tasa de crecimiento (Sage y Kubien, 2007). Cuando toda la luz incidente es interceptada, la tasa de crecimiento es máxima y el IAF es el óptimo. Puede ocurrir que la superficie de hojas sea excesiva. Rojas (2011) menciona que el ambiente afecta el crecimiento y desarrollo de la hojas, a su vez adopta más importancia, si se considera que algunas características de la hoja, se relacionan con su capacidad fotosintética, ya que la fotosíntesis declina con la edad de la hoja, después de su expansión total y el peso de la hoja está influenciado por la intensidad de la luz y ésta cambia según las condiciones ambientales; así mismo, existe una alta correlación entre el peso específico de la hoja y la fotosíntesis y éstas cambian con variaciones en la intensidad de luz, en todos los estados de madurez.

2.3.4 Densidad de plantas

El incremento en el área foliar en el tiempo depende de la densidad de plantas, del número de tallos por planta, del desarrollo del tallo y de la expansión individual de cada hoja. La densidad de plantas presentes afecta la disponibilidad de luz. Al incrementarse la densidad de plantas, puede haber sombreo entre las mismas afectando la entrada de luz al dosel, lo que afectaría la morfogénesis y expansión del área foliar. El desarrollo de ramas y el número de brotes por planta son los componentes del área foliar más afectados por la disponibilidad de luz (Baldissera *et al.*, 2014).

2.3.5 Frecuencia e intensidad de cosecha

La velocidad del rebrote entre defoliaciones o cortes sucesivos, ayuda a entender el efecto de la frecuencia e intensidad de cosecha, sobre el rendimiento de la biomasa aérea. La frecuencia de cosecha o también llamada severidad de defoliación, determina la cantidad o el porcentaje de biomasa cosechada con respecto a la cantidad total de forraje presente. También, se entiende por frecuencia de corte al intervalo de tiempo que ha pasado entre un corte y otro, o el número de cortes que se efectúan en un tiempo determinado, ya que estos establecen el rendimiento de forraje por unidad de superficie (Mendoza *et al.*, 2010). De acuerdo con Mendoza (2008), al realizar la cosecha con intervalos de corte muy reducidos provoca una disminución en las especies deseables, y una invasión por maleza.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción del sitio de estudio

El experimento se realizó del 13 de marzo de 2021 al 30 de octubre del 2021, que fechas que se ubican en las estaciones de primavera y verano. El estudio se ubicó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, con coordenadas de 25° 23´ de Latitud Norte y 101° 00´ de Longitud Oeste, a una altitud de 1783 m, clima templado seco, con un promedio de temperatura de 18 °C. Hay períodos cálidos y secos de marzo a mayo, y unos períodos cálidos y lluviosos desde junio hasta mediados de octubre y con una temperatura máxima de 33 °C. Con una precipitación anual de 340 mm (Climate-Data-org, 2010). De acuerdo con el análisis de laboratorio el suelo tiene una textura migajón arcilloso arenoso con porcentajes de 62 % de arena, 10 % de Limo y 28 % de arcilla, con una densidad aparente de 1.25 g cm⁻³, pH de 7.38, materia orgánica de 3.026 % (Lab. De planeación ambiental y Edafología departamento. De Suelos UAAAN).

3.2 Condiciones del clima durante el experimento

Los resultados de temperatura y precipitación muestran en la Figura 2. Los datos se descargaron de la red universitaria de observatorios atmosféricos (RUOA). Durante el periodo experimental se registró una temperatura máxima de 35 °C y una mínima de 5 °C. En la precipitación acumulada se registró que el mes con mayor acumulación fue junio con 71 mm de lluvia y en los siguientes meses se obtuvieron precipitaciones menores a 65 mm.

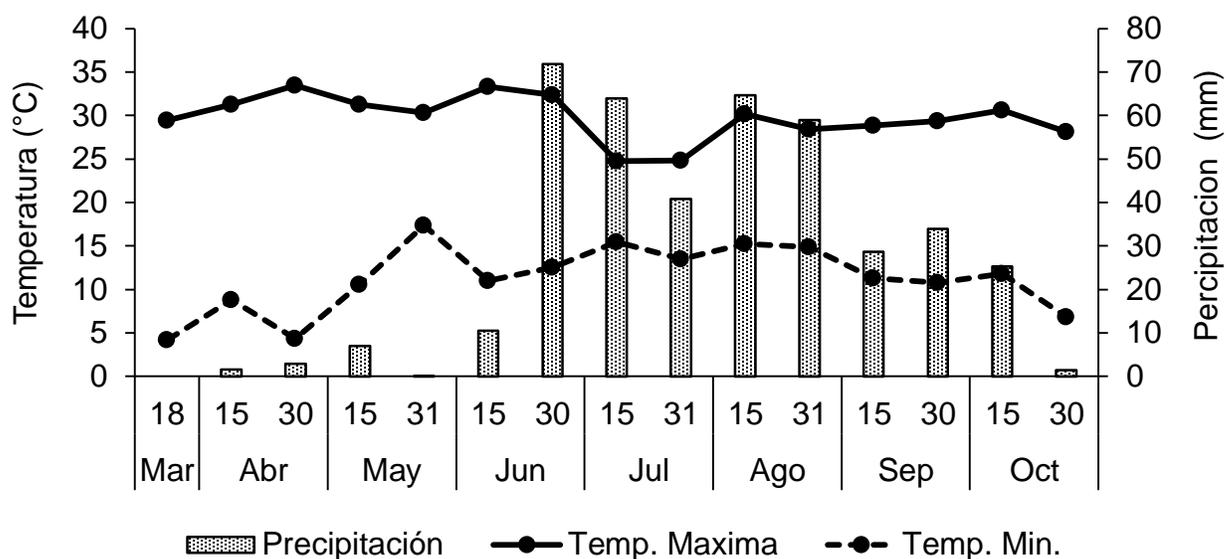


Figura 2. Medias quincenales de la temperatura máxima, mínima y precipitación acumulada.

3.3 Manejo de las parcelas experimentales

De cada genotipo estudiado, se establecieron tres parcelas de 9 m² (1.5 x 6 m) el 8 de junio de 2019. Los cultivares de *Lotus* se establecieron por medio de trasplante de plántulas, reproducidas en condiciones de invernadero, con una densidad de 16 plantas m⁻², mientras que la alfalfa se estableció mediante siembra al voleo a una densidad de 22 kg SPV ha⁻¹, utilizando la variedad Premium. Durante el rebrote en cada corte se aplicaron micronutrientes (micronutrientes), con tres aplicaciones con un intervalo de una semana entre aplicaciones. Es importante mencionar que se aplicaron micronutrientes del producto denominado UltraSolMicro® a una dosis de 2.5 kg ha⁻¹, solo en el caso de los genotipos de *Lotus* ya que mostraron deficiencias.

3.4 Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos fueron cuatro cultivares (Alfalfa var. Premium y 3 genotipos de *Lotus corniculatus* L.) Con crecimiento en las estaciones de primavera y verano. Los muestreos se establecieron en base a cada estación evaluada. Durante primavera y

verano los cortes fueron cada 28 días en alfalfa y en los genotipos de *Lotus*, en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días. En el diseño experimental fue bloques al azar, con tres repeticiones, considerando la pendiente del área experimental.

3.5 Variables evaluadas

3.5.1 Rendimiento de forraje

Para calcular el rendimiento de materia seca se cosecharon dos cuadros al azar de 50 x 50 cm (0.25 m²). Donde se encuentra al azar dentro de cada repetición, el corte de la planta se efectuó a 5 cm sobre nivel del suelo. Una vez obtenido el forraje acumulado del corte se depositó en bolsas de papel previamente identificadas por material y repetición, para después someterlo a un proceso de secado mediante en una estufa de aire forzado a una temperatura de 55 °C por un tiempo de 72 horas, hasta obtener peso constante y extrapolar a kg MS ha⁻¹.

3.5.2 Composición botánica - morfológica

Para determinar la composición botánica y morfológica (CBM), se tomo un 10 % aproximadamente de la muestra general para estimar el rendimiento de forraje, después se separó en los componentes (hoja, tallo, material muerto, inflorescencia y maleza). Los componentes se colocaron por separado con su respectiva etiqueta, y se secaron en una estufa de secado a una temperatura de 55 °C, hasta peso constante. Con los datos se utilizó las siguientes ecuaciones para obtener los resultados en porcentaje de aportación al rendimiento y la producción de cada componente en kg MS ha⁻¹. Las ecuaciones que se utilizaron son:

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

$$\text{kg MS ha}^{-1} \text{ estación}^{-1} = \frac{[\text{kg MS ha}^{-1} \text{ estación}^{-1} \text{ componente}^{-1}] \times [100]}{\text{kg MS ha}^{-1} \text{ estación}^{-1}}$$

3.5.3 Relación hoja-tallo

Para la determinar la relación hoja-tallo, se utilizaron los datos obtenidos de los componentes morfológicos; hoja y tallo, de la composición botánica y morfológica para lo cual se utilizó la siguiente formula:

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

Donde:

H: T = Relación hoja-tallo.

H = Peso seco del componente hoja (kg MS ha⁻¹).

T = Peso seco del componente tallo (kg MS ha⁻¹).

3.5.4 Altura de planta

Para obtener la altura de la planta se iniciaron las mediciones con una regla graduada de 100 cm, se registra 10 medidas en plantas al azar en cada repetición obteniendo 30 medidas por parcela. Con las medidas registradas en cada repetición, se calcula un promedio de la altura de la planta por cada repetición.

3.6 Análisis estadístico

Para las comparaciones del efecto de los cultivares y estaciones evaluadas, se ejecutó un análisis de varianza (ANOVA) con un diseño de bloques completamente al azar, con tres repeticiones, mediante el programa PROC GLM de SAS (Statistical Analysis System Versión 9.0 para windows) y una comparación de medias con la prueba tukey (P<0.05). Se utilizó el siguiente formula:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = 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 bloque

ϵ_{ij} = Error estándar de la media

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Rendimiento de forraje

En el Cuadro 2 se muestran el rendimiento de forraje (kg MS ha^{-1}) de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L., cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días y alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Premium, cosechada durante primavera y verano cada 28 días en el sureste de Coahuila, México. No existen diferencias estadísticas estacionales en cada genotipo ($p > 0.05$), con promedios de 9979 y 10430, para primavera y verano, respectivamente. Las comparaciones entre genotipos dentro de cada estación mostraron diferencias estadísticas ($p < 0.05$), en primavera y en el promedio por genotipo, no así en la estación de verano ($p > 0.05$). En primavera las cantidades más resaltantes fueron los genotipos de *Lotus* 232098, 255301 y la var. Premium de alfalfa, superando al genotipo 226796 con $5822 \text{ kg MS ha}^{-1}$, comportamiento similar en los promedios por genotipo.

En un estudio previo, donde se evaluaron las estaciones de otoño e invierno (Ortiz, 2022), a intervalos de 35 y 42 en alfalfa y 49 y 84 d, para los genotipos de *Lotus* en otoño e invierno, respectivamente, registró el mayor rendimiento de forraje en la alfalfa en ambas estaciones con $6,926$ y $5,884 \text{ kg MS ha}^{-1}$, respecto a los genotipos de *Lotus corniculatus*, en el cual el 255301 fue el que más aproximado. En cambio, Ramírez (2017) mostró que los mayores rendimientos se presentan en los materiales de *Lotus corniculatus* cuando estos son cosechados a 90, 95 y 100 % de luz es interceptada por la pradera. Este autor reporta para la estación de primavera un promedio de $10,693 \text{ kg MS ha}^{-1}$ durante el periodo donde hay poca presencia de malezas y mayor producción de tallos ya que tiene mejores condiciones ambientales que en invierno. Villanueva (2020), menciona que a un intervalo de corte de 35 días de rebrote (5 semanas), se obtiene la mayor producción de materia seca con un promedio de $6.1 \text{ kg MS planta}^{-1}$.

Cuadro 2. Rendimiento de materia seca (kg MS ha⁻¹) de tres genotipos cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días y alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Premium, cosechada durante primavera y verano cada 28 días en el Sureste de Coahuila, México.

Estaciones	Genotipos				Promedio	Sig.
	226796	232098	255301	Alfalfa		
Primavera	5822 ^{Ab}	5822 ^{Aa}	12620 ^{Aa}	11652 ^{Aa}	9979 ^A	0.006
Verano	8354 ^{Aa}	10543 ^{Aa}	13236 ^{Aa}	9590 ^{Aa}	10430 ^A	0.300
Promedio	7088 ^b	10182 ^a	12928 ^a	10621 ^a	10204	0.050
Sig.	0.100	0.750	0.010	0.270	0.540	

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.

4.2 Composición botánica – morfológica

En la Figura 3, se presenta los cambios en la Composición Botánica y Morfológica (CBM) en porcentajes y kg MS ha⁻¹, y su contribución al rendimiento total de tres genotipos de *L. corniculatus* cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días y alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Premium, cosechada durante primavera y verano cada 28 días en el sureste de Coahuila, México. No se presentaron diferencias estadísticas en el porcentaje de aportación entre estaciones de cada componente y material estudiado ($p > 0.05$). En el rendimiento de kg MS ha⁻¹, únicamente en el tallo en el genotipo 226796, presentaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$), con mayor producción en verano (2,142 kg MS ha), respecto a primavera (1,173 kg MS ha⁻¹) y la hoja en la var. Premium de la alfalfa, donde la primavera fue mayor a verano con 5,433 y 4,479 kg MS ha⁻¹, respectivamente. Independientemente de la estación si se presentaron diferencias entre componentes morfológicos, dentro de cada estación del año y material estudiado ($p < 0.05$). En los genotipos de *Lotus*, la hoja fue el que mayor porcentaje de aportación hizo al rendimiento, en ambas estaciones del año, con promedios de 65, 70, y 70 %, para los genotipos 226796,

232098 y 255301, respectivamente. En el caso de la alfalfa, solo en verano registró el mismo comportamiento que los genotipos de *Lotus*, para la primavera, con 45 y 53 y el promedio con 49 y 47 % fue similar para la hoja y el tallo ($p>0.05$). En todos los casos el orden de aportación fue de hoja, tallo, maleza y material muerto.

El rendimiento de forraje por componentes morfológico presento diferencias entre componentes y genotipos, incluyendo la var. Premium de alfalfa. En el genotipo 226796, la hoja fue el componente con mayor rendimiento de materia seca con un promedio de 4,445 kg MS ha⁻¹, y el de menor el material muerto con 32 kg MS ha⁻¹, promedio. En el caso de genotipo 232098, en verano tanto la hoja y el tallo tuvieron similar rendimiento de forraje ($p>0.05$), y los menores el material muerto, similar a la maleza en verano. Así mismo, en el 255301 se observó que la hoja registró mayor rendimiento en ambas estaciones, aunque en el promedio fue similar al tallo con valores de 9,041 y 3,574 kg MS ha⁻¹, respectivamente y menor promedio fue registrado en el material muerte y maleza con 97 y 262 kg MS ha⁻¹. La alfalfa presentó similar rendimiento de la hoja y el tallo, tanto en primavera como en verano con promedios de 4,956 y 4,936 kg MS ha⁻¹, respectivamente. Así mismo, el material muerto y la maleza fueron los de menor rendimiento, en todos los casos con promedios de 135 y 593 kg MS ha⁻¹, respectivamente.

Los estudios de Álvarez (2017), mostraron que la hoja produce mayor rendimiento de forraje en cinco genotipos de *L. corniculatus* estudiados con un 56 % antecediendo al tallo con un 30.5 %, material muerto con 7% y la maleza con 4.5%, al cosecharlos 95% de luz interceptada por la pradera, y un corte fijo definido durante la estación de primavera. Así mismo Arroyo (2020), explica que el componente con mayor producción es la hoja con un porcentaje de 77% que se encontró en el genotipo 226796, seguida por el tallo con 23% en el gen 255301 y después material muerto con 1.3 % en el gen 226796; pero la producción de la hoja disminuyó conforme avanza la edad del rebrote durante la semana uno con 83, 91 y 79 % hasta la semana siete con 71, 80, 66 % que se registró en los genotipos 226796, 255301 y 226796, mientras el tallo presentó un comportamiento inestable con 17 y 21 % en la semana uno y la sema-

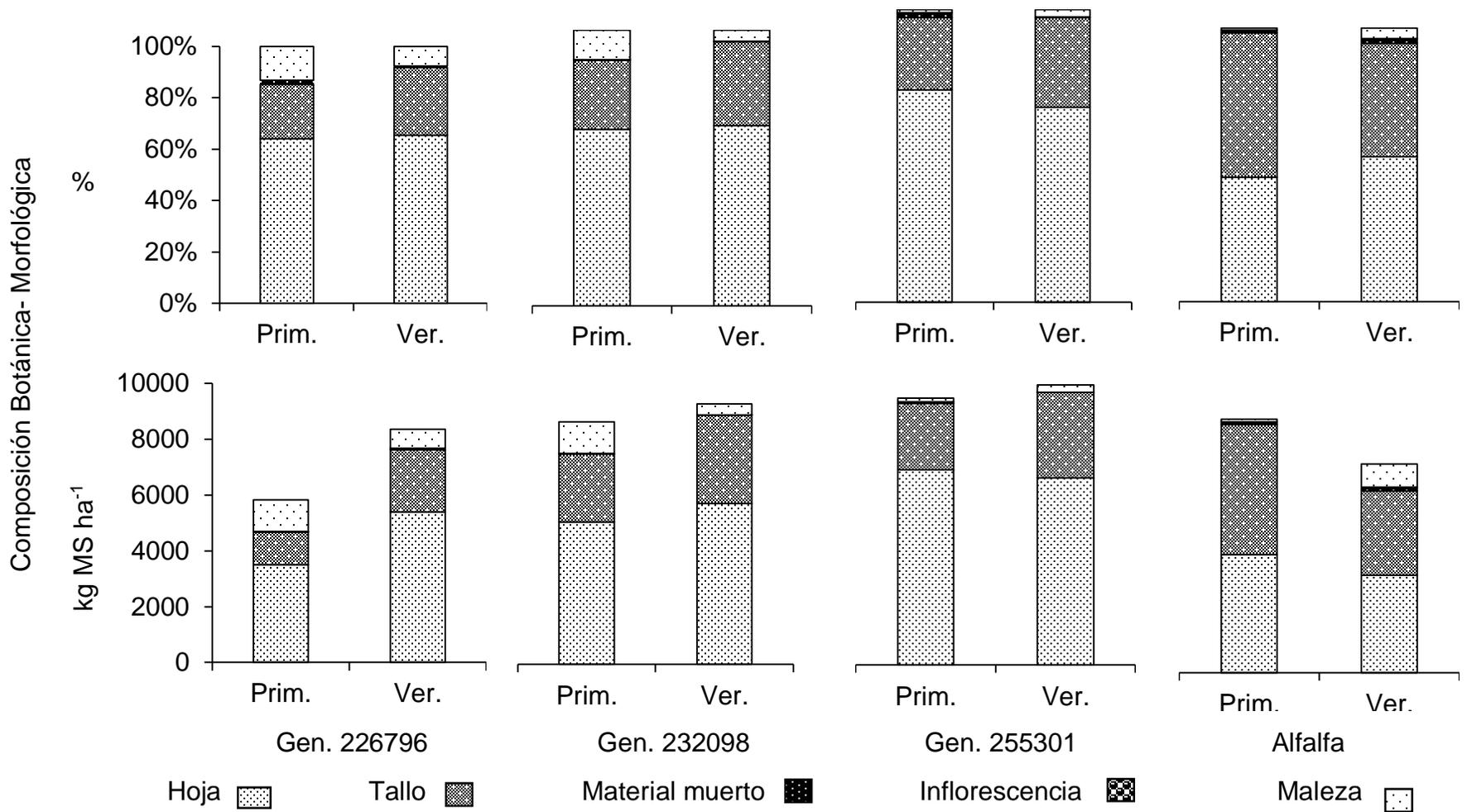


Figura 2. Composición botánica-morfológica de tres genotipos de *L. corniculatus* cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días y alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Premium, cosechada durante primavera y verano cada 28 días en el Sureste de Coahuila, México.

-na siete tiene 25-34%, en el material muerto se presentó en las últimas semanas con bajo del 7% en todos los cultivares y en inflorescencia no hubo presencia en todos los cultivares. Laureano (2022) durante su evaluación en las estaciones de otoño e invierno, concluyó que la hoja fue el componente con más rendimiento con el alto porcentaje de 74 %, que se encontró en el genotipo 255301 siguiendo con el tallo que registro un 43% en la alfalfa, y en material muerto se registró en el genotipo 232098 con un 16 %.

4.3 Relación hoja-tallo

En el Cuadro 4, se presenta la Relación:Tallo (R:H/T) de tres genotipos de *L. corniculatus* L., cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días y alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Premium, cosechada durante primavera y verano cada 28 días en el sureste de Coahuila, México. No se presentaron diferencias estadísticas entre estaciones del año ($p>0.05$) en los genotipos de *L. corniculatus* L. con un promedio general de 2.3. En la alfalfa la mayor relación se presentó en la estación de verano con 1.3, respecto a primavera con 1.0 ($p<0.0$). Los promedios por genotipos mostraron que la mayor relación de hoja respecto al tallo la presentaron los genotipos de *Lotus* 226796 y 2556301, con valores de 2.8 y 3.0, respectivamente, seguida por el genotipo 232098 y la var. Premium de alfalfa con 2.5 y 1.0, respectivamente. Dentro de las estaciones, solo en primavera se presentaron diferencias estadísticas ($p<0.05$), donde los genotipos de *Lotus*, mostraron mayores valores superiores a 3.0, respecto a la alfalfa con valor de 1.0, lo que significa existen la misma cantidad de hoja respecto al tallo.

De acuerdo con Arroyo, (2020) el peso de la hoja, es mayor respecto al del tallo, en todos los genotipos estudiados, pero la relación hoja:tallo se reduce con la edad de la planta, desde la semana uno hasta la semana siete de rebrote. No obstante, en los genotipos estudiados, aunque el tallo aumentó su producción respecto a la hoja, conforme avanza la edad de la planta, la relación hoja: tallo nunca fue inferior a 1.,-0.

La cantidad de tallos, oscila con el tiempo de establecimiento, pero, la cantidad de tallos por planta y por unidad de superficie varían según las estaciones del año.

Cuadro 3. Relación hoja-tallo (R:H/T) de tres genotipos de *L. corniculatus* cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días y alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Premium, cosechada durante primavera y verano cada 28 días en el Sureste de Coahuila, México.

Estaciones	Genotipos				Promedio	Sig.
	226796	232098	255301	Alfalfa		
Primavera	3.1 ^{Aa}	3.1 ^{Aa}	3.2 ^{Aa}	1.0 ^{Ba}	2.6 ^A	0.20
Verano	2.5 ^{Aa}	2.0 ^{Aa}	2.5 ^{Aa}	1.3 ^{Aa}	2.1 ^A	0.06
Promedio	2.8 ^a	2.5 ^{ab}	3.0 ^a	1.0 ^b	2.3	0.03
Sig.	0.31	0.45	0.05	0.05	0.23	

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.

4.4 Altura de la planta

En el cuadro 4, se observa la altura de planta de tres genotipos de *L. corniculatus* cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días y alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Premium, cosechada durante primavera y verano cada 28 días en el sureste de Coahuila, México. Se registraron diferencias significativas entre estaciones en los genotipos de *Lotus corniculatus* L., donde primavera fue mayor a verano con un promedio de 27 y 21 cm, respectivamente ($p>0.05$), a excepción del genotipo de 255301 donde no se presentaron diferencias estadísticas ($p>0.05$), con un promedio de 16 cm. Independientemente del efecto de la estación, la mayor altura se registró en la alfalfa en ambas estaciones con valores de 58 y 52 cm, para primavera y verano, respectivamente. Los genotipos 232098 y 255301, presentaron en promedio

similares alturas de 15 y 16 cm, respectivamente y la menor altura en el genotipo 226796 con 11 cm.

De acuerdo con Villanueva (2020) el rebrote de la planta creció desde la semana uno con un inicio de 12 cm, terminando con la semana 7 con un promedio de 39cm, siendo el mismo valor el más alto de los dos tratamientos (inoculado y sin inoculado). Mientras (Arroyo, Pérez 2020) menciona que las comparaciones de alturas entre las variedades de Lotus se manifestaron en las semanas 2, 3, 5 y donde se mostró un mayor crecimiento en el gen 255301 con unos promedios de 16, 20, 32 y 34cm, respectivamente.

Cuadro 4. Altura de planta de tres genotipos de *L. corniculatus* cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días y alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Premium, cosechada durante primavera y verano cada 28 días en el Sureste de Coahuila, México.

Estaciones	Genotipos				promedio	Sig.
	226796	232098	255301	Alfalfa		
Primavera	13 ^{Ad}	18 ^{Ac}	20 ^{Ab}	58 ^{Aa}	27 ^A	0.0001
Verano	8 ^{Bc}	12 ^{Bb}	12 ^{Ab}	52 ^{Ba}	21 ^B	0.0001
Promedio	11 ^c	15 ^b	16 ^b	55 ^a	24	0.0001
Sig.	0.030	0.001	0.010	0.060	0.020	

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.

V. CONCLUSIONES

- ❖ En el sureste de Coahuila, México la variedad Premium de alfalfa y los genotipos de *Lotus* 232098 y 255301, presentaron mayores rendimientos, sin diferenciar entre estaciones, respecto al genotipo 226796 con menor rendimiento sobre todo en primavera.
- ❖ En los genotipos de *Lotus* aportó más del 65 % al rendimiento total, con más de 4000 kg MS ha⁻¹, seguido por el tallo con más del 25 %, la maleza y material muerto con 1 y 2 %, respectivamente. No obstante, en la alfalfa var. Premium, en promedio la hoja y el tallo aportaron el mismo porcentaje con el 48 %, seguidos por maleza y material muerto.
- ❖ La relación de la hoja respecto al tallo, fue mayor en los genotipos de *Lotus* con valores entre 2.5 y 3.0, superando a la alfalfa con una relación de 1.0. Sin embargo, la alfalfa fue mayor en la altura de planta.

VI. LITERATURA CITADA

- Ayala, W.; Bermúdez, R.; Carámbula, M. (1996).** Manejo y utilización de mejoramientos extensivos. In: INIA Treinta y Tres. Jornada anual de producción animal. Treinta y Tres: INIA. Cap. 9 p. 69-88. (Serie Actividades de Difusión 110).
- Álvarez, V. P.; García, De los S. G.; Guerrero, R. J. D.; Mendoza, P. S. I.; Ortega, C. M. E. y Hernández, G. A. (2018a).** Comportamiento productivo de *Lotus corniculatus* L. dependiente de la estrategia de cosecha. Rev. Agrocienza. 52(8):1081-1093.
- Álvarez, V. P.; Hernández, G. A.; García, De los S. G.; Guerrero, R. J. D.; Mendoza, P. S. I.; Ortega, C. M. E.; Rojas, G. A. R. y Wilson, G. C. Y. (2018b).** Potencial forrajero de *Lotus corniculatus* L. con diferentes estrategias de manejo. AgroProductividad. 11(5):24-28.
- Aparicio, Y. V., Garay, A. H., Hernández, P. A. M., Pérez, J. P., Haro, J. G. H., y Castañeda, C. L. (2006).** Rendimiento de forraje de variedades de alfalfa en dos calendarios de corte. Revista Fitotecnia Mexicana, 29: 369-372.
- Aparicio, Y. V., Garay A. H., Pérez J. P., Castañeda C. L., Harob J. G. H., Quiroz J. F. E., y 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.
- Ayala, J. M., Victoria J. L. J., Velasco V. A. V., Aparicio Y. V., del Valle J. R. E., y Garay A. H. (2006).** Evaluación de 14 variedades de alfalfa con fertirriego en la Mixteca de Oaxaca. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 44(3): 277-288.
- Baguet, H.A. y Bavera, G.A. (2001).** Fisiología de la planta pastoreada. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional del Río Cuarto. Provincia de Córdoba,

- Barbosa, R. A., D. Nascimento Jr., V. Batista-Euclides P., C. Da Silva S., H. Zimmer A., y DA. Torres Jr. R. (2007).** Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 42:329–340.
- Barbosa, R. A., D. Nacimiento Jr., H. Vilela H., S. Da Silva C., V. Batista-Euclides P., A. Sbrissia F., y B. Da Lana S. (2011).** Morphogenic and structural characteristics of guinea grass pastures submitted to three frequencies and two defoliation severities. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 40: 947-954.
- Baguet, H. A., y Bavera, G. A. (2001).** Fisiología de la planta pastoreada. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional del Río Cuarto. Provincia de Córdoba, Argentina. www.produccion-animal.com.ar (14, marzo, 2021).
- Baldissera, T. C., Frak, E., Carvalho, P. C. D. F., y Louarn, G. (2014).** Plant development controls leaf area expansion in alfalfa plants competing for light. *Annals of botany*, 113: 145-157. <https://doi.org/10.1093/aob/mct251>
- Briske, D. D. (1991).** *Development morphology and physiology of grasses. In: Grazing Management: an ecological perspective. Heitschmidt, R. K., Stuth J. W. (eds.). Timber Press, Portland, Oregon, USA. pp. 85-108.*
- Bustillo, E. (1995).** Alfalfas de alta rentabilidad. Cómo lograrlo. Manual de divulgación técnica. Dekalb Argentina SA. 121 p.
- Canals, R; Peralta, J. y Zubiri, E. (2009).** Flora pratense y forrajera cultivada de la península Ibérica., UNAVARRA, Pamplona, España, pp. 2. Recuperado el 01 de enero del 2020.
- Cárdenas, R. E. A., Carulla, J., Riveros, Á. y Pimentel, J. C. (2007).** Evaluación agronómica y productiva de una colección núcleo de variedades comerciales de Lotus para clima frío en Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20, 652-653

- Carmona, B. (2021).** Comportamiento productivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a diferentes edades de rebrote, en el sureste de Coahuila, México [Tesis de licenciatura, UAAAN]. Repositorio Digital de la UAAAN. 68 p.
- Chapman, D.F.; Lemaire G. (1993).** Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: International Grassland Congress (17th., 1993, Palmerston North). Proceedings. Palmerston North, Massey University. pp. 95-104.
- Clavijo, Villamizar, E. y Cadena Castro, P. C. (2011).** Producción y calidad nutricional de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) sembrada en dos ambientes diferentes y cosechada en distintos estadios fenológicos. Tesis de licenciatura. Universidad de la Salle. Bogotá, Colombia. 35 pp.
- Colabelli, M.; Agnusdei, M.; Mazzanti, A.; Labreveux, M. (1998).** El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. Boletín Técnico no. 148. 21 p.
- Cruz Hernández, A., Hernández Garay, A., Enríquez Quiroz, J. F., Gómez Vázquez, A., Ortega Jiménez, E., y Maldonado García, N. M. (2011).** Producción de forraje y composición morfológica del pasto Mulato (*Brachiaria híbrido* 36061) sometido a diferentes regímenes de pastoreo. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 2(4);429-443.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S200711242011000400007&script=sci_arttext
- Delgado, D. F. F. (2015).** La alfalfa (*Medicago sativa*): origen, manejo y producción. Conexión Agropecuaria JDC, 5(1), 27-43.
<https://revista.jdc.edu.co/index.php/conexagro/article/view/520/540>
- Delgado E. I., y Chocarro G. C. (2020).** La alfalfa. Universitat de Lleida. 364 p.

Del Pozo, I. M., y Ibañez G, M. (1983). La alfalfa, su cultivo y aprovechamiento. Mundi Prensa. Madrid, España. 380 p.

Departamento de Botánica, Instituto de Biología (IBUNAM) (2019), *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. 1 p.
<https://repositorio.unam.mx/contenidos/39lotus-corniculatus>

Edward, J. P. (2000). La ciencia del suelo y su manejo. Editorial Paraninfo. Madrid, España. 405 p.

Esparza, J. Z., Garay, A. H., Pérez, J. P., Haro, J. G. H., Gallardo, F. O., Hernández, P. A. M.,... y Carrillo, A. R. Q. (2009). Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto ovillo. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 47(2), 173-178.
<https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1478>

Feigenbaum, S. Y Mengel, K. (1979). El efecto de la intensidad de luz reducida y el suministro subóptimo de potasio en la fijación de N₂ y la rotación de N en alfalfa infectada con *Rhizobium*. *Physiologia plantarum*, 45 (2), 245-249.
<https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1979.tb01695.x>

Finn, B. J; Bourget, S. J; Nielsen, K. F; Dow, B. K. (1961). Effect of different soil moisture tensions on grass and legume species. *Canadian Journal of Soil Science*, pp16-23. <https://doi.org/10.4141/cjss61-003>

Formoso, F. (1993). *Lotus corniculatus*; performance forrajera y características agronómicas asociadas. Montevideo, INIA. 37: 9-11 p.
<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807121236.pdf>

Gallarino, H. (2009). Relación entre método de pastoreo y especies forrajeras. Agromercado. Cuadernillo Clásico. Forrajeras, (149). <https://www.produccion->

animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/126-metodo_3.pdf

García, S.G. (2003). “Clasificación de los diferentes grupos de *Lotus corniculatus*”. Revista fitotecnia mexicana. Chapingo. México. 10 p. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61026307.pdf>

García D V; Guerrero J D; García-de los Santos G; Lagunes S A. (2011). Rendimiento y calidad de forraje de genotipos de *Lotus corniculatus* en el Estado de México Nova Scientia, vol. 7, núm. 13, 2014, pp. 170-189 Universidad De La Salle Bajío León, Guanajuato, México

García de los Santos, G., y Steiner, J. J. (2003). Diversidad genética en *Lotus corniculatus* determinada por caracteres morfológicos y RAPDs. Revista Fitotecnia Mexicana. 9 p. <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/26-3/7a.pdf>

Geiger et al, (2003). The climate near the ground. Rownaan and little field publishers, Inc. Lanham, 42-50

Grant F.W., (2009). *Lotus corniculatus*. SciTopics. Canada. (Consultado el 25 de enero de 2022). Graw – Hill. México p. 622.

Guevara, M. L. (2021). Acumulación estacional de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L), variedad Premium [Tesis de licenciatura, UAAAN]. Repositorio Digital de la UAAAN. 75 p. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/48032>

Gunn C R, J H Wiersema, C A Ritchie, J H Kirkbride Jr. (1992). Families and general of spermatophytes recognized by the Agricultural Research Service. USDA-ARS, Tech. Bull. 1796. 43 p. <https://handle.nal.usda.gov/10113/CAT92901961>

Hernández-Guzmán, F. J., Alvarez- Vázquez, P., Flores-Naveda, A., Camposeco-Montejo, N., Wilson-García, C. Y., y Martínez-Martínez, R. (2021). Rendimiento de forraje de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L., en función de

la edad al corte. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 8 p.
<https://doi.org/10.19136/era.a8nii.2937>

INFOAGRO, (2015). (www.infoagro.com). (12, enero, 2022).

Jiménez, M. A., & Martínez, H. P. (1984). Utilización de praderas. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 85 p.

Khiaosa-Ard, R., Bryner, D. F., Scheeder, M. R. L., Wettstein, H. R., Leiber, F., Kreuzer, M. y Soliva, C. R. (2009). Evidence for the inhibition of the terminal step of ruminal α -linolenic acid biohydrogenation by condensed tannins. Journal of Dairy Science, (92), 177-188. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1117>

Lara, M. C., y Jurado, G. P. (2014). Paquete tecnológico para producir alfalfa en el estado de Chihuahua. Sitio Experimental La Campana-INIFAP. Folleto Técnico, 52 p. <https://www.producechihuahua.org/paqs/PT-0010Alfalfa.pdf>

Lagler, J. C. (2003). *Lotus*: un género que no acaba en dos especies. Revista: Forrajes & Granos, 62, 72-76.

Marcelino, K. R. A., D. Nascimento Jr., S. Da Silva C., V. P. Euclides B., D. Da Fonseca M. (2006). Características morfogênicas e estruturais e produção de forragem do capim-marandu submetido a intensidades e frequências de desfolhação. Revista Brasileira de Zootecnia. 35(6):2243-2252 p.

Marley, C. L., Fychan R. y Jones R. (2006). Yield, persistency and chemical composition of Lotus species and varieties (Birdsfoot Trefoil and Greater Bidsfoot Trefoil) when harvested for silage in the UK. Grass and Forage Science. 61:134-145 p.

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

- Miñón, D.P., Sevilla, G.H., Montes, L., Fernández, O. (1990).** *Lotus tenuis* y *corniculatus*: leguminosas forrajeras para la pampa deprimida. In: Boletín Técnico N° 98. INTA E.E.A Balcarce. Argentina. 19 p.
- Morales, A. J., Victoria, J. L. J., Velasco, V. A. V., Aparicio, Y. V., del Valle, J. R. E., Garay, A. H. (2006).** Evaluación de 14 variedades de alfalfa con fertirriego en la Mixteca de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 44(3). Pp. 277-288.
<https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1741/1735>
- Moran, R. (2022).** Efecto del riego en el comportamiento productivo de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la estación de verano [Tesis de licenciatura, UAAAN]. Repositorio Digital de la UAAAN. 66 p.
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/48047>
- Muslera, P., y Ratera, G. (1991).** Praderas y forrajes. Producción y aprovechamiento. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 674 p.
- Nelson.C.J. ,Smith,D. (1968=.** Growth of Birdsfoot Trefoil and Alfalfa. II. Morphological Development and Dry Matter Distribution. *Crop Sci*, 8, p 21-2
- 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.
- Richards, J. H. (1993).** Physiology of plants recovering from defoliation. In: *Proceedings of the XVII International Grassland Congress*. New Zealand and Australia. pp. 85-94.

- Ramírez-Restrepo, C. A., Barry, T. N. & López-Villalobos, N. (2006).** Organic matter digestibility of condensed tannin-containing *Lotus corniculatus* and its prediction in vitro using cellulase/hemicellulase enzymes. *Animal Feed Science and Technology*, 125, 61-71.
- Rivas-Jacobo, M. A., López-Castañeda, C., Hernández-Garay, A., y Pérez-Pérez, J. (2005).** Efecto de tres regímenes de cosecha en el comportamiento productivo de cinco variedades comerciales de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Técnica pecuaria en México*, 43(1), 79-92.
<https://www.redalyc.org/pdf/613/61343110.pdf>
- Rodríguez, S. F. (1989).** Fertilizantes. *Nutrición Vegetal*. A. G. T. Editor, S. A. México, D. F. 157 p.
- Rojas-García, A. R., Torres-Salado, N., Joaquín-Cancino, S., Hernández-Garay, A., Maldonado-Peralta, M. D. L. Á., y Sánchez-Santillán, P. (2017).** Componentes del rendimiento en variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Agrociencia*, 51(7), 697-708.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000700697
- Rojas García, A. R., Hernández-Garay, A., Cansino, S. J., Maldonado Peralta, M. D. L. Á., Mendoza Pedroza, S. I., Álvarez Vázquez, P., y Joaquín Torres, B. M. (2016).** Comportamiento productivo de cinco variedades de alfalfa. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(8), 1855-1866.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v7i8.97>
- Rosado, A. (2011).** Utilización de diferentes profundidades de labranza mínima en el establecimiento de alfalfa (*Medicago sativa*) y su efecto en los rendimientos productivos. Universidad Superior Politécnica de Chimborazo, Tesis. Riobamba - Ecuador. 85 p. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1025>

- RUOA, (2022).** Observatorio atmosférico Saltillo. UNAM.
<https://www.ruoa.unam.mx/index.php?page=estaciones&id=10>. (03, febrero, 2022).
- Sánchez, H. j., & Favela, Ch, D. (2005).** Rendimiento y calidad de la alfalfa mediante la aplicación de fosforo y riego por goteo subsuperficial. Tesis de licenciatura. UAAAN Unidad Laguna. Torreón, Coahuila. 81 p.
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7584/JOSE%20ELIGIO%20SANCHEZ%20HERNANDEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Santacoloma, L. E., Granados, J. E., y Aguirre, S. E. (2015).** Comportamiento agronómico, nutricional y contenido de taninos de la leguminosa *Lotus corniculatus* como efecto de la fertilidad del suelo. Revista Ciencia Animal, 1(9), 189-208.
<https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1088&context=ca>
- Soto, O. P., Janh, B. E., Velasco H. R. y Arredondo, S. S. (2005).** Especies leguminosas forrajeras para corte en suelos arcillosos de mal drenaje. Agricultura Técnica, 65, 157164.
- Striker G.G., Insausti P., Grimoldi A.A., Ploschuk L.E. y Viviana V. (2005).** Physiological and anatomical basis of differential tolerance to soil flooding of *Lotus corniculatus* L. and *Lotus glaber* Mill. Plant and Soil 276, 301-311.
- Tang, M. (1986).** Factores que afectan la simbiosis leguminosa-Rhizobium. Pastos y Forrajes, 9(3).
- Teixeira E. I., Moot, D. J., Brown, H.E. y Fletcher, A. L. (2007).** La dinámica de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) produce componentes en respuesta a la frecuencia de defoliación. Revista Europea de Agronomía, 26 (4), 394-400.
- Turner, N. C.; Begg, J.E. (1978).** Responses of pasture plant to water deficits. In: Wilson, J. R. ed. Plants relations in pastures. Melbourne, CSIRO. pp. 50 -66.

- Volenec, J. J., Ourry, A., y Joern, B. C. (1996).** A role for nitrogen reserves in forage regrowth and stress tolerance. *Physiologia Plantarum*, 97(1):185-193.
<https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1996.tb00496.x>
- Velasco, Z. M. E., Hernández-Garay A., González H. V. A., Pérez P. J., Vaquera H. H., Galvis S. A. (2001).** Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto Ovillo (*Dactylis glomerata* L.). *Revista Técnica Pecuaria en México*. 39(1):1-14 p.
- Wilson García, C. Y., Hernández Garay, A., Ortega Cerrilla, M. E., López Castañeda, C., Bárcena Gama, R., Zaragoza Ramírez, J. L., & Aranda Osorio, G. (2017).** Análisis del crecimiento de tres líneas de cebada para producción de forraje, en el valle de México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 49(2), 79-92.
- Worley, R. E. (1979).** Fall defoliation date and seasonal carbohydrate concentration of pecan wood tissue. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104:195-199.
- Villanueva C. (2020).** Efecto del inoculante *Rhizobium* en el comportamiento productivo de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) en la estación de primavera. Tesis requisito para obtener la licenciatura de agrónomo zootecnista UAAAN Saltillo 47p.
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/476011>
- Landeros V. (2020).** Análisis del crecimiento de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), en función de la edad de rebrote. Tesis requisito para obtener la licenciatura de agrónomo zootecnista UAAAN Saltillo 57p.
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/47152>
- Zermeño G. (2020).** Comparación productiva de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L., en el ciclo de primavera. Tesis requisito para obtener la licenciatura de agrónomo zootecnista UAAAN Saltillo 50 p.
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/473>

VII. CUADROS DE ANEXOS COMPLEMENTARIOS

Cuadro 5. Rendimiento de materia seca (kg MS ha⁻¹) de tres genotipos de *L. corniculatus* cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días y alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Premium, cosechada durante primavera y verano cada 28 días en el Sureste de Coahuila, México.

Estaciones	Genotipos				Promedio	Sig.	EEM	DMS
	226796	232098	255301	Alfalfa				
Primavera	5822 ^{Ab}	5822 ^{Aa}	12620 ^{Aa}	11652 ^{Aa}	9979 ^A	0.006	1341	3791
Verano	8354 ^{Aa}	10543 ^{Aa}	13236 ^{Aa}	9590 ^{Aa}	10430 ^A	0.300	2566	3791
Promedio	7088 ^b	10182 ^a	12928 ^a	10621 ^a	10204	0.050	3400	9609
Sig.	0.10	0.75	0.01	0.27	0.54			
EEM	891	3325	348	1106	4637			
DMS	3131	11684	1224	3888	16292			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y misma letra minúscula en la misma fila, no son diferentes ($p > 0.05$). EEM = Error Estándar de la Media. Sig. = significancia. DMS= Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 6. Composición Botánica-Morfológica (%) del genotipo 226796 de *L. corniculatus* cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días, en el Sureste de Coahuila, México.

Componente morfológico	Estación del Año		Promedio	Sig.	EEM	DMS
	Primavera	Verano				
Hoja	64 ^{Aa}	65 ^{Aa}	65 ^A	0.58	4.60	16
Tallo	21 ^{Ba}	26 ^{Ba}	24 ^B	0.25	2.27	8
Mm	2 ^{Ca}	1 ^{Ca}	1 ^D	0.50	1.41	5
Maleza	13 ^{BCa}	8 ^{Ca}	10 ^C	0.56	5.40	19
Sig.	0.0001	0.0001	0.0001			
EEM	5	3	3			
DMS	13	8	8			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y misma letra minúscula en la misma fila, no son diferentes ($p > 0.05$). EEM = Error Estándar de la Media. Sig. = significancia. DMS= Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 7. Composición Botánica-Morfológica (%) del genotipo 232098 de *L. corniculatus* cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días.

Componente morfológico	Estación del Año		Promedio	Sig.	EEM	DMS
	Primavera	Verano				
Hoja	64 ^{Aa}	65 ^{Aa}	64.83 ^A	0.5	9.72	34.15
Tallo	25 ^{Ba}	30 ^{Ba}	27.83 ^B	0.84	7.78	27.36
Mm	0 ^{Ba}	0 ^{Ca}	0 ^C	0	0	0
Maleza	11 ^{Ba}	4 ^{Ca}	7.3 ^{BC}	0.5	11.23	40
Sig.	.013	.0001	0.0005			
EEM	13.64	4.9	7.6			
DMS	38.57	14	21.46			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y misma letra minúscula en la misma fila, no son diferentes ($p > 0.05$). EEM = Error Estándar de la Media. Sig. = significancia. DMS= Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 8. Composición Botánica-Morfológica (%) del genotipo 2255301 de *L. corniculatus* cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días.

Componente morfológico	Estación del Año		Promedio	Sig.	EEM	DMS
	Primavera	Verano				
Hoja	73 ^{Aa}	67 ^{Aa}	70 ^A	0.17	3.0	11
Tallo	25 ^{Ba}	31 ^{Ba}	28 ^B	0.20	3.7	13
Mm	2 ^{Ca}	0 ^{Ca}	1 ^C	0.46	1.5	5
Maleza	1 ^{Ca}	3 ^{Ca}	2 ^C	0.63	1.5	5
Sig.	.0001	.0001	.0001			
EEM	2	5	4			
DMS	8	16	11			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y misma letra minúscula en la misma fila, no son diferentes ($p>0.05$). EEM = Error Estándar de la Media. Sig. =significancia. DMS= Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 9. Composición Botánica-Morfológica (%) de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Premium, cosechada durante primavera y verano cada 28 días en el Sureste de Coahuila, México., en el Sureste de Coahuila, México.

Componente morfológico	Estación del Año		Promedio	Sig.	EEM	DMS
	Primavera	Verano				
Hoja	45 ^{Aa}	53 ^{Aa}	49 ^A	0.33	4.02	14.12
Tallo	53 ^{Aa}	41 ^{Ba}	47 ^A	0.06	3.58	8.70
Mm	1 ^{Ba}	2 ^{Ca}	1 ^B	0.86	2.00	6.66
Maleza	1 ^{Ba}	4 ^{Ca}	2 ^B	0.53	3.00	10.34
Sig.	.0001	.0001	.0001			
EEM	4.00	3.5	3.00			
DMS	11.02	9.7	8.15			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y misma letra minúscula en la misma fila, no son diferentes ($p > 0.05$). EEM = Error Estándar de la Media. Sig. = significancia. DMS= Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 10. Rendimiento (kg MS ha⁻¹) de los componentes botánicos y morfológicos del genotipo 226796 de *L. corniculatus* cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días, en el Sureste de Coahuila, México.

Componente morfológico	Estación del Año		Promedio	Sig.	EEM	DMS
	Primavera	Verano				
Hoja	3504 ^{Aa}	5387 ^{Aa}	4445 ^A	0.10	567.80	1994.70
Tallo	1173 ^{Bb}	2242 ^{Ba}	1708 ^B	0.04	180.11	632.77
Mm	21 ^{ca}	45 ^{Ca}	32 ^C	0.33	13.80	48.450
Maleza	1125 ^{Ba}	680 ^{BCa}	902 ^{BC}	0.77	624.50	2193.80
Promedio	5822 ^a	8354 ^a	7087	0.11	891.00	3131.66
Sig.	0.0034	0.0003	0.0004			
EEM	569.50	567.70	482.04			
DMS	1609.77	1604.70	1362.50			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y misma letra minúscula en la misma fila, no son diferentes ($p > 0.05$). EEM = Error Estándar de la Media. Sig. = significancia. DMS= Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 11. Rendimiento (kg MS ha⁻¹) de los componentes botánicos y morfológicos del genotipo 232098 de *L. corniculatus* cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días, en el Sureste de Coahuila, México.

Componente morfológico	Estación del Año		Promedio	Sig.	EEM	DMS
	Primavera	Verano				
Hoja	5762 ^{Aa}	6504 ^{Aa}	6134 ^A	0.33	1467	5156
Tallo	2760 ^{ABa}	3594 ^{ABa}	3176 ^{AB}	0.62	1260	4428
Mm	31 ^{Ba}	12 ^{Ba}	21 ^C	0.51	25	89
Maleza	1269 ^{ABa}	430 ^{Ba}	849 ^{BC}	0.65	1626	5714
Promedio	5822 ^a	10543 ^a	10182	0.75	3325	11684
Sig.	0.040	0.0072	0.006			
EEM	1238	1357	1036			
DMS	3499	3837	2930			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y misma letra minúscula en la misma fila, no son diferentes ($p > 0.05$). EEM = Error Estándar de la Media. Sig. = significancia. DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 12. Rendimiento (kg MS ha⁻¹) de los componentes botánicos y morfológicos del genotipo 255301 de *L. corniculatus* cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días, en el Sureste de Coahuila, México.

Componente morfológico	Estación del Año		Promedio	Sig.	EEM	DMS
	Primavera	Verano				
Hoja	9227 ^{Aa}	8857 ^{Aa}	9041 ^A	0.0045	192.33	675.5
Tallo	3125 ^{Ba}	4024 ^{Ba}	3574 ^A	0.2000	399.75	1404.4
Mm	85 ^{Ba}	12 ^{Ca}	97 ^B	0.6666	88.00	309.1
Maleza	182 ^{Ba}	343 ^{BCa}	262 ^B	0.8000	370.00	1299.1
Promedio	12620 ^a	13236 ^a	12975	0.0100	348.00	1224.7
Sig.	.0001	0.0018	0.0010			
EEM	235.8	1366.2	675.5			
DMS	666.6	3861.7	1909.3			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y misma letra minúscula en la misma fila, no son diferentes ($p > 0.05$). EEM = Error Estándar de la Media. Sig. = significancia. DMS= Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 13. Rendimiento (kg MS ha⁻¹) de los componentes botánicos y morfológicos de alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Premium, cosechada durante primavera y verano cada 28 días en el Sureste de Coahuila, México, en el Sureste de Coahuila, México.

Componente morfológico	Estación del Año		Promedio	Sig.	EEM	DMS
	Primavera	Verano				
Hoja	5433 ^{Aa}	4479 ^{Ab}	4956 ^A	0.0666	225.36	791.7
Tallo	5992 ^{Aa}	3881 ^{Aa}	4936 ^A	0.1260	672.95	2364.2
Mm	107 ^{Ba}	163 ^{Ba}	135 ^B	0.3777	77.80	273.3
Maleza	120 ^{Ba}	1067 ^{Ba}	593 ^B	0.4400	578.20	2031.3
Promedio	11652 ^a	9590 ^a	10621	0.3000	1106.00	3888.8
Sig.	.0001	0.0012	.0001			
EEM	579.2	640.38	532.15			
DMS	1637.1	1810	1504.10			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y misma letra minúscula en la misma fila, no son diferentes ($p > 0.05$). EEM = Error Estándar de la Media. Sig. = significancia. DMS= Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 14. Relación hoja:tallo (R:H/T) de tres genotipos de *L. corniculatus* cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días y alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Premium, cosechada durante primavera y verano cada 28 días en el Sureste de Coahuila, México.

Estaciones	Genotipos				promedio	Sig.	EEM	DMS
	226796	232098	255301	Alfalfa				
Primavera	3.1 ^{Aa}	3.1 ^{Aa}	3.2 ^{Aa}	1.0 ^{Ba}	2.6 ^A	0.2	1.05	3
Verano	2.5 ^{Aa}	1.9 ^{Aa}	2.5 ^{Aa}	1.3 ^{Aa}	2.1 ^A	0.06	0.6	1.7
Promedio	2.8 ^a	2.5 ^{ab}	3.0 ^a	1.0 ^b	2.3	0.03	0.58	1.6
Sig.	0.31	0.45	0.05	0.05	0.23			
EEM	0.32	0.94	0.27	0.08	0.21			
DMS	1.1	3.3	0.9	0.3	0.75			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y misma letra minúscula en la misma fila, no son diferentes ($p>0.05$). EEM = Error Estándar de la Media. Sig. =significancia. DMS= Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 15. Altura de planta (cm) de tres genotipos de *L. corniculatus* cosechados en primavera cada 35 días y en verano cada 42 días y alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Premium, cosechada durante primavera y verano cada 28 días en el Sureste de Coahuila, México.

Estaciones	Genotipos				promedio	Sig.	EEM	DMS
	226796	232098	255301	Alfalfa				
Primavera	13 ^{Ad}	18 ^{Ac}	20 ^{Ab}	58 ^{Aa}	27 ^A	0.0001	0.66	2.8
Verano	8 ^{Bc}	12 ^{Bb}	12 ^{Ab}	52 ^{Ba}	21 ^B	0.0001	1.16	3.3
Promedio	11 ^c	15 ^b	16 ^b	55 ^a	24	0.0001	0.60	1.7
Sig.	0.03	0.001	0.01	0.06	0.02			
EEM	0.70	0.000	0.70	1.22	0.70			
DMS	2.50	0.000	2.50	4.3	2.50			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y misma letra minúscula en la misma fila, no son diferentes ($p > 0.05$). EEM = Error Estándar de la Media. Sig. = significancia. DMS = Diferencia Mínima Significativa.