

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



**Producción de Forraje de Tres Genotipos de *Lotus corniculatus* L. en el
Sureste de Coahuila, México**

Por:

JUAN ALFREDO LAUREANO ORTIZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, marzo 2022.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

**Producción de Forraje de Tres Genotipos de *Lotus corniculatus* L.
en el Sureste de Coahuila, México**

POR:

JUAN ALFREDO LAUREANO ORTIZ

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. Miguel Ángel Mellado Bosque

Asesor



Dr. José Eduardo García Martínez

Asesor



Ing. Alan Emmanuel Fuentes Huerta

Asesor



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



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Marzo 2022.

DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Saltillo, Coahuila, marzo de 2022.

DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado "**Producción de forraje 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 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.

JUAN ALFREDO LAUREANO ORTIZ

Nombre



Firma

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo con el objetivo de determinar el comportamiento productivo de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L. (226796, 232098, 255301) y la var. Premium de alfalfa, en otoño e invierno, mediante cortes fijos definidos estacionalmente. Las variables evaluadas fueron; Rendimiento de Forraje (RF), Composición Botánica y Morfológica (CBM), Altura de la Planta (AP), Relación Hoja:Tallo (R:H/T) y Luz Interceptada (LI). Existió un mayor ($p < 0.05$) RF de la alfalfa en otoño, invierno y promedio con valores de 6,926, 5,884 y 6,405 kg MS ha⁻¹, respectivamente. Otoño registró una mayor acumulación de forraje con 3,902 kg MS ha⁻¹, respecto a invierno. Los resultados de CBM señalan que, en porcentaje la hoja fue el componente que más aportó al RF en cada uno de los cultivares, con un promedio de 73 (226796), 69 (232098), 74 (255301), y 54 % (alfalfa); sin embargo, en la composición en kg MS ha⁻¹, la hoja solo tuvo la mayor aportación en los genotipos de *Lotus*, ya que en la alfalfa la hoja y el tallo tuvieron aportaciones similares ($p > 0.05$). La R:H/T, en ambas estaciones la alfalfa fue la que obtuvo la mínima R:H/T, con un valor de 1.3; por el contrario, los genotipos 226796, 232098 y 255301 presentaron promedios superiores con 3.5, 3.6 y 4.1, respectivamente. En promedio la mayor AP por cultivar, se presentó en la alfalfa con 37 cm, mientras la menor en el genotipo 226796 con 9 cm. Para la LI, los promedios por cultivar indicaron que el genotipo 226796 registró la menor intercepción de luz con un 53 %, siendo superiores los cultivares 232098 (81%), 255301 (83%) y la variedad Premium de alfalfa (83 %). En conclusión, en otoño se obtuvo mayor acumulación de forraje, la alfalfa presentó un mayor rendimiento de forraje en las dos estaciones estudiadas y la hoja fue el componente que tuvo un mayor porcentaje de aportación al rendimiento de forraje en los cuatro forrajes.

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

ABSTRACT

The present study was carried out with the objective of determining the productive performance of three genotypes of *Lotus corniculatus* L. (226796, 232098, 255301) and the alfalfa var. Premium, in autumn and winter, through seasonal defined fixed cuts. The evaluated variables were; Forage Yield (FR), Botanical and Morphological Composition (CBM), Plant Height (PA), Leaf:Stem Ratio (R:H/T) and Light Intercepted (IL). A higher ($p < 0.05$) RF for alfalfa was found in autumn, winter with values of 6,926, 5,884 and 6,405 kg DM ha⁻¹, respectively. Autumn registered a greater accumulation of forage with 3902 kg DM ha⁻¹, compared to winter. The CBM results indicate that, in percentage, leaves were the component that contributed the most to RF in each of the cultivars with an average of 73 (226796), 69 (232098), 74 (255301), and 54 % (alfalfa); however, regarding kg DM ha⁻¹, the leaf only had the greatest contribution in the *Lotus* genotypes, since in alfalfa the leaf and stem had similar contributions ($p > 0.05$). The R:H/T, in both seasons alfalfa had presented minimum R:H/T, with 1.3; on the contrary, genotypes 226796, 232098 and 255301 had higher averages 3.5, 3.6 and 4.1, respectively. On average, the highest PA per cultivar was found in alfalfa with 37 cm, while the lowest was for the 226796 genotype with 9 cm. For LI, the averages per cultivar indicated that genotype 226796 presented the lowest light interception with 53 %, while cultivars 232098 (81 %), 255301 (83 %) and the alfalfa (83 %) were superior. In conclusion, in autumn a greater accumulation of forage was obtained, alfalfa was the that presented a highest forage higher yield in the two seasons and the leaf was the component that had a higher percentage of contribution to total forage yield in the four forages.

Key words: *Lotus corniculatus*, productive behavior, forage yield, botanical and morphological composition.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a **DIOS**, por darme la oportunidad de existir y por estar en los momentos más difíciles de mi vida, por brindarme salud para alcanzar mis objetivos profesionales.

A mi “ALMA TERRA MATER” la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por haberme aceptado formar parte de ella y abrirme las puertas de sus instalaciones para poder estudiar una carrera y desarrollarme profesionalmente.

Al **Dr. Perpetuo Alvares Vázquez**, quien me brindó su amistad, tiempo y confianza, por haberme aceptado y asesorado en este proyecto de tesis, y así terminar el último escalón de la carrera, así como a mis asesores; **Al Dr. Miguel Ángel Mellado Bosque, Dr. José Eduardo García Martínez y al Ing. Alan Emmanuel Fuentes Huerta**, que sin duda hicieron valiosas aportaciones para que este trabajo se presentara lo mejor posible.

A todos mis **docentes** de la carrera, por enseñarme todo lo que sé y más que eso, guiarme para crecer como persona y profesionista.

Al departamento de **Recursos Naturales Renovables**, por prestarme sus instalaciones durante este proceso. Así como a los trabajadores de campo, ya que de una u otra forma me brindaron su apoyo para la realización de este proyecto.

A mis amigos y compañeros de aula, por el apoyo y los buenos momentos que compartimos durante nuestra estancia en la universidad. Mis especiales agradecimientos a **Rafael y Damián** quienes me apoyaron en el trabajo de campo y laboratorio.

A mi familia **Laureano**, que de una u otra forma me han motivado y apoyado para seguir luchando por mis objetivos personales.

DEDICATORIA

A mis padres

Marcelino Laureano Pérez y Aurelia Ortiz Nava, quienes son mi motivación para seguir adelante y me han apoyado para poder llegar a esta instancia de mis estudios, ya que siempre están presentes para apoyarme en todos los sentidos.

A mis hermanos

Sidonia, Victoria, Wendy, Albino, Constantino y Mauximiano, porque me han aconsejado de forma acertada, por apoyarme en todas mis decisiones, y de una u otra forma han sido un apoyo para alcanzar este objetivo.

A mis cuñadas

Isabel, Leonor y Odilia, por sus consejos y palabras de aliento, han sido parte importante durante este proceso académico.

A toda mi familia LAUREANO

A mis tíos, primos y sobrinos, que con su afecto y apoyo se han convertido en pieza importante en cada paso que doy.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	OBJETIVOS	2
1.1.1	Objetivo general	2
1.1.2	Objetivos particulares.....	2
1.2	HIPÓTESIS	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1	Antecedentes de <i>Lotus corniculatus</i> L.....	3
2.1.1	Origen	3
2.1.2	Clasificación taxonómica.....	3
2.1.3	Descripción agronómica.....	4
2.1.4	Descripción morfológica.....	4
2.1.5	Adaptabilidad de <i>Lotus corniculatus</i>	6
2.2	Factores que afectan el crecimiento y producción de forrajes	7
2.2.1	Radiación solar	7
2.2.2	Temperatura ambiental	7
2.2.3	Humedad	7
2.2.4	Suelo.....	8
2.2.5	Fertilidad del suelo.....	8
2.3	Factores que afectan el rebrote de los forrajes	9
2.3.1	Índice de área foliar.....	9
2.3.2	Meristemos de crecimiento	10
2.3.3	Reservas de carbohidratos	10
2.3.4	Frecuencia e intensidad de corte	10
2.3.5	Producción estacional de forrajes	11
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1	Descripción del sitio de estudio.....	12
3.1.1	Condiciones del clima durante el experimento.....	12
3.2	Manejo de las parcelas experimentales	13
3.3	Tratamientos y diseño experimental.....	14

3.4	Variables evaluadas	14
3.4.1	Rendimiento de forraje	14
3.4.2	Composición botánica - morfológica	14
3.4.3	Relación hoja: tallo.....	15
3.4.4	Altura de la planta	15
3.4.5	Radiación solar interceptada.....	15
3.5	Análisis estadístico.....	16
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.1	Rendimiento de forraje	17
4.2	Composición botánica – morfológica.....	18
4.3	Relación hoja-tallo.....	23
4.4	Altura de la planta	24
4.5	Porcentaje de luz interceptada	25
V.	CONCLUSIONES	28
VI.	LITERATURA CITADA	29
VII.	ANEXOS	39

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del <i>Lotus corniculatus</i> L. (IBUNAM, 2019).	3
Cuadro 2. Rendimiento de materia seca (kg MS ha ⁻¹) de tres genotipos de <i>Lotus corniculatus</i> y alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) variedad Premium, cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.	18
Cuadro 3. Relación hoja-tallo (R:H/T) de tres genotipos de <i>Lotus corniculatus</i> , y alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) var. Premium, cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.	24
Cuadro 4. Altura de planta (cm) de tres genotipos de <i>Lotus corniculatus</i> , y alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) var. Premium, cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.	25
Cuadro 5. Porcentaje de luz interceptada de tres genotipos de <i>Lotus corniculatus</i> , y alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) var. Premium, cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.	26
Cuadro 6. Rendimiento de materia seca (kg MS ha ⁻¹) de tres genotipos de <i>Lotus corniculatus</i> , y alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) var. Premium, cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.	39
Cuadro 7. Porcentajes de aportación de los componentes botánico-morfológicos al rendimiento de forraje de genotipos de <i>Lotus corniculatus</i> L., cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.	40
Cuadro 8. Porcentajes de aportación de los componentes botánico-morfológicos al rendimiento de forraje del genotipo 255301 de <i>Lotus corniculatus</i> L., y alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) var. Premium, cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.	41
Cuadro 9. Kilogramos de aportación de los componentes botánico-morfológicos (kg MS ha ⁻¹) al rendimiento de forraje de genotipos de <i>Lotus corniculatus</i> L., cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.	42
Cuadro 10. Kilogramos de aportación de los componentes botánico-morfológicos (kg MS ha ⁻¹) al rendimiento de forraje del genotipo 255301 de <i>Lotus corniculatus</i> L.,	

y alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) var. Premium, cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.	43
Cuadro 11. Relación hoja:tallo (R:H/T) de tres genotipos de <i>Lotus corniculatus</i> y alfalfa var. Premium, cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.	44
Cuadro 12. Altura de planta (cm) de tres genotipos de <i>Lotus corniculatus</i> , y alfalfa var. Premium, cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.	45
Cuadro 13. Luz interceptada (%) de tres genotipos de <i>Lotus corniculatus</i> , y alfalfa var. Premium, cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Componentes morfológicos y reproductivos del género <i>Lotus</i> (Águila Castro, H. 1979; citado por Ayala y Carámbula, 2009).	6
Figura 2.	Medias quincenales de la temperatura máxima, mínima y precipitación acumulada.....	13
Figura 3.	Composición botánica-morfológica de tres genotipos de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.), y alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) variedad Premium, cosechados a intervalos de corte estacional y por cultivar (Otoño: <i>L. corniculatus</i> y alfalfa cada 45 d e invierno para alfalfa 42 d y para <i>L. corniculatus</i> 84 d). ...	22

I. INTRODUCCIÓN

En los sistemas de producción pecuaria intensiva, los costos de alimentación representan del 60 al 70 %. Por lo anterior las leguminosas pueden desempeñar un papel importante en el manejo alimentario del ganado a base de pastos y forrajes, debido a su alto valor nutritivo y al aporte de nitrógeno; este último se realiza por medio del proceso de fijación simbiótica con el *Rhizobium* (Tang, 1986). El género *Lotus* es un forraje de gran interés, ha sido reconocido a través de la especie de *Lotus corniculatus*, tanto en Uruguay, país donde es ampliamente difundido, como en otros países, principalmente en regiones con presencia de estrés edáfico, donde los géneros *Trifolium* y *Medicago* tienen limitantes para prosperar, ante condiciones crónicas de alta acidez y disponibilidad de fósforo en el suelo (Ayala y Carámbula, 2009). El trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) es una leguminosa forrajera perenne, alógama, que se distribuye a lo largo de las regiones templadas de Europa, Asia Menor, Norte de África y Norte de Sudamérica (Gunn *et al.*, 1992). Sin embargo, en México existen un gran número de leguminosas forrajeras adaptadas a diferentes zonas, debido a esto, especies relativamente nuevas como *L. corniculatus*, han recibido poca atención por los productores agrícolas (Arroyo, 2020). Esta especie produce forraje de alta calidad que se utiliza para ensilaje, producción de heno y consumo directo en pastoreo (Beuselink y Grant, 1995). En la familia de las leguminosas, las especies forrajeras más comunes han sido la alfalfa (*Medicago sativa*), el trébol blanco (*Trifolium repens*) y el trébol rojo (*Trifolium pratense*), las cuales tienen excelentes cualidades, pero no prosperan en suelos de baja fertilidad, salinos o ácidos, y sus requerimientos de agua pueden ser altos (García, 2011). Dentro de las especies prometedoras se encuentra *Lotus corniculatus*, la cual es una especie poco exigente en cuanto a la calidad del suelo, ya que su crecimiento es bueno en terrenos arenosos, arcillosos, pesados, ligeramente alcalinos, además es resistente al frío, heladas ligeras y a sequías estivales (García *et al.*, 2003). Por lo anterior, se establecieron los siguientes objetivos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

- Determinar el comportamiento productivo de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L. (226796, 232098,255301) y la var. Premium de alfalfa, en otoño e invierno, mediante cortes fijos definidos estacionalmente.

1.1.2 Objetivos particulares

- ✓ Determinar el rendimiento y sus componentes morfológicos de *Lotus corniculatus* L., y la alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Premium.
- ✓ Evaluar la relación hoja:tallo, altura de la planta, y porcentaje de radiación solar interceptada, de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L., y la alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Premium.

1.2 HIPÓTESIS

- ❖ Al menos uno de los genotipos de *Lotus corniculatus* L., tendrá mejor comportamiento productivo que la alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Premium.
- ❖ 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 otoño se genera una mayor acumulación de forraje, debido a que en invierno las condiciones climáticas de la región no son tan favorables para el desarrollo de la planta.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes de *Lotus corniculatus* L.

2.1.1 Origen

L. corniculatus es nativo de Europa, donde se inició su cultivo como pratense. Actualmente su uso se ha extendido a EEUU, Australia, Argentina y Chile. En la Península Ibérica se encuentra espontáneamente en buena parte de su territorio, aunque su uso como cultivo no es frecuente (Canals *et al.*, 2009). Se usa en regiones con veranos secos y marcada estacionalidad, como en Nueva Zelanda (Barry *et al.*, 2003) y en Uruguay, donde demostró sus ventajas (Ayala y Carámbula, 2009).

2.1.2 Clasificación taxonómica

En el Cuadro 1 se describe la clasificación taxonómica de *L. corniculatus*. Existen alrededor de 200 especies del genero *Lotus*, siendo el Mediterráneo Europeo la mayor zona de diversidad (Langler, 2003). *Lotus corniculatus* L. cuenta con nueve variedades (Miñon *et al.*, 1990).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del *Lotus corniculatus* L. (IBUNAM, 2019).

Reino	<i>Plantae</i>
Filo:	<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.

2.1.3 Descripción agronómica

Lotus corniculatus L. es la especie de mayor importancia agronómica en el género *Lotus* y la de mayor distribución a nivel mundial (Alem *et al.*, 2011). Su calidad nutritiva es comparable a la de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) y el trébol blanco (*Trifolium repens* L.) (García *et al.*, 2015). Reúne buenas características agronómicas, pues llega a producir hasta 7,400 kg MS ha⁻¹ al año con porcentajes de digestibilidad hasta del 76 al 79 % y del 18 al 22.6 % de proteína cruda (García *et al.*, 2014). Es una excelente fuente de forraje para rumiantes (Grant, 2009), destacando la presencia de taninos en esta leguminosa, por lo que es un forraje que no genera timpanismo, gracias a que estos metabolitos impiden la formación de espuma en el rumen (Lagler, 2003). La incorporación de leguminosas taniníferas como el *L. corniculatus* tiene un efecto benéfico sobre el contenido de ácidos grasos en la leche (Khiaosa-Ard *et al.*, 2009). Asimismo, se ha determinado que los niveles de taninos condensados optimizan la utilización de proteína, sin afectar el consumo ni la digestibilidad de los carbohidratos (Santacoloma *et al.*, 2015).

2.1.4 Descripción morfológica

A continuación, se describen las partes más importantes de una planta de *L. corniculatus*, y en la Figura 1 se ilustran los componentes morfológicos y reproductivos del género *Lotus*.

Hojas: Están formadas por cinco foliolos, dos de ellos son basales y tres apicales digitados, son imparipinadas, pentafoliada, los tres foliolos superiores ovados y los inferiores ovales, semejantes a una estípula, con nervadas poco visibles. Las hojas emergen desde puntos de crecimiento ubicados en los cotiledones, lo que permite diferenciarla de los géneros *Medicago* y *Trifolium* (Ayala y Carambula 2009).

Tallos: Miden de 50 a 80 cm, decumbentes o ascendentes, rara vez erectos, ramificados, generalmente macizos, a veces fistulosos en la parte inferior (Menéndez, 2004).

Inflorescencia: Son en umbelas, compuestas de 1 a 12 flores sostenidas por un pedúnculo floral insertado en las axilas de las hojas superiores de los tallos. Son de color amarillo o hasta rojas (Canals *et al.*, 2009). Corola de 8-16(18) mm, 1,5-2 veces más larga que el cáliz, amarilla con las venas del estandarte purpúreas o rojizas, o con estandarte y parte superior de las alas purpúreos o rojizos; estandarte con la lámina más larga o más corta que la uña, anchamente ovada o suborbicular, a veces emarginada; alas con lámina obovada; quilla falcada o curvada en ángulo recto, con pico recto o curvado (Menéndez, 2006).

Fruto: Es una leguminosa, tiene la forma característica de una pata de pájaro (carácter del cual toma su nombre común en inglés: “birdsfoot trefoil”). La legumbre contiene de 10 a 30 semillas y tiene un alto grado de dehiscencia en la madurez, retorciéndose en forma de espiral, especialmente cuando su humedad es inferior al 40% (Miñón *et al.*, 1990).

Raíz: Su sistema radicular está formado por una raíz pivotante de la cual brotan varias ramificaciones, en el tallo se encuentran nudos, los cuales cuando están en contacto con el suelo brotan raicillas que a su vez tienen muchas ramificaciones de otros tallos (Ayala y Carámbula, 2009).

Semilla: Es redonda de 1 a 1.5 mm de diámetro, de color marrón a veces punteadas de violeta (Miñón *et al.*, 1990). Comparativamente son más grandes que los demás géneros de *Lotus* (Ayala y Carámbula, 2009).

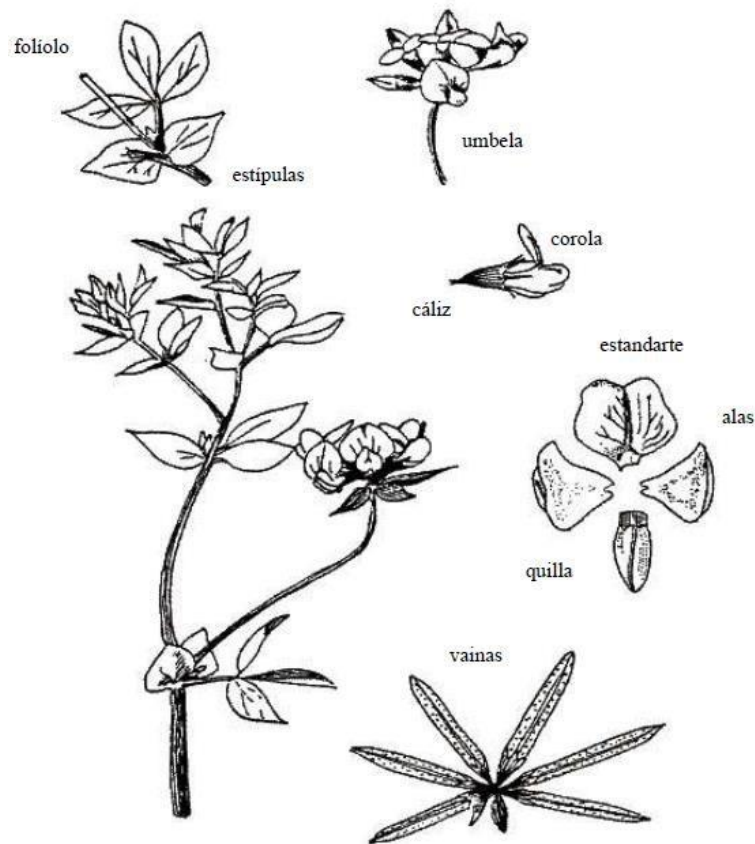


Figura 1. Componentes morfológicos y reproductivos del género *Lotus* (Águila Castro, H. 1979; citado por Ayala y Carámbula, 2009).

2.1.5 Adaptabilidad de *Lotus corniculatus*

Lotus corniculatus L. es una leguminosa perenne con amplia distribución en las regiones templadas de Europa, Asia Menor, Norte de África y Norte de Sudamérica, y forma parte de las más de 100 especies que componen el complejo género *Lotus*. Tolera el frío, calor y de forma moderada la sequía; sin embargo, se desarrolla mejor en climas fríos y húmedos con precipitaciones de 400 a 1200 mm (Canals *et al.*, 2009). Se adapta a suelos con pH de 5.5 a 7.5 (Canals *et al.*, 2009), soporta el exceso de humedad en suelos con problemas de drenaje, por lo que es capaz de prosperar en suelos con salinidad, acidez, baja fertilidad y tierras agotadas (Strinker *et al.*, 2005). También se presenta en suelos moderadamente pobres o ligeramente ricos en nitrógeno, es una planta indicadora de sequedad moderada (Menéndez, 2006).

2.2 Factores que afectan el crecimiento y producción de forrajes

2.2.1 Radiación solar

Feigenbaum y Mengel (1979) notaron que la disminución de la intensidad de la luz provocaba un descenso en el rendimiento de hojas, tallos y raíces producto de la menor actividad fotosintética. La variación estacional del rendimiento de forraje depende de manera directa de la radiación solar, ya que durante el verano se lleva a cabo la mayor producción de fitomasa en climas templados, debido a que en esta estación la cantidad de radiación solar es mayor, y permite, un mayor crecimiento de la planta, influyendo de manera favorable sobre la fotosíntesis, lo que contribuye a una mayor producción de biomasa (Zaragoza, 2000).

2.2.2 Temperatura ambiental

Con la temperatura ambiental la tasa de elongación foliar, al igual que la tasa de aparición de hojas, aumentan proporcionalmente (Chapman y Lemaire, 1993). En la medida que la velocidad de aparición foliar y la elongación aumentan debido al aumento de temperaturas medias diarias, como el número máximo de hojas por macollo tiende a ser un carácter relativamente constante para las especies, para que esto ocurra, la vida media de las hojas en los períodos de crecimiento activo debe ser más corta. Esto se traduce en un incremento de la tasa de senescencia foliar frente a aumentos de la temperatura, y por lo tanto, el recambio de tejido se acelera (Colabelli *et al.*, 1998).

2.2.3 Humedad

La humedad es esencial para el crecimiento de las plantas e influye en el proceso de fijación simbiótica del N. En condiciones de humedad demasiado bajas o altas van a producir trastornos, en el segundo caso debido a la merma del oxígeno que puede ocurrir por el encharcamiento que impide la toma de oxígeno, importante elemento para el metabolismo de la raíz y el proceso de fijación (Tang, 1986). En general, elongación

celular es más afectada por el déficit hídrico que la división de células, esto provoca la reducción de la tasa de elongación foliar, que determina un menor tamaño de las hojas en plantas creciendo en condiciones hídricas limitantes (Turner y Begg, 1978), por el contrario un exceso de humedad en el suelo, se crea un medio anaeróbico, la planta presenta clorosis, hipertrofias en los parénquimas y un daño en el sistema radical, el cual se afecta más a leguminosas que en gramíneas, lo que asocia una debilidad en la planta y se refleja un incremento de enfermedades (Finn *et al.*, 1961).

2.2.4 Suelo

El pH del suelo influye en la disponibilidad de los nutrimentos para las plantas, es decir, este factor puede ser la causa de que se presente deficiencia, toxicidad o que los elementos no se encuentren en niveles adecuados (Benton, 2003). Por otra parte, valores extremos del pH pueden afectar la estructura del suelo (Edward, 2000). En terrenos arcillosos, siempre existe peligro de perder el cultivo durante la etapa de establecimiento, a causa de la formación de costras solidas que retienen la emergencia de las plántulas, de igual manera en un suelo compacto, bajo condiciones de extrema sequía, dificulta la respiración de las raíces y pone en riesgo la vida de la planta (Muslera y Ratera, 1991). En suelos de buenas características de fertilidad se presenta alta incidencia en las condiciones de calidad del forraje de *Lotus corniculatus*, como bajo contenido de FDN y FDA, lo cual permite una mejor digestibilidad del forraje. Asimismo, se muestra una clara relación entre la fertilidad del suelo con fertilizantes orgánicos y el contenido de proteína cruda en el forraje (Santacoloma *et al.*, 2015). En el caso de la alfalfa, una característica que afecta la productividad de la alfalfa es la salinidad, ya que los niveles de conductividad eléctrica superiores a 2 dS/m, reducen ligeramente su rendimiento y de 7 a 8 dS/m, limitan su productividad en un 50 % (Lara y Jurado, 2014).

2.2.5 Fertilidad del suelo

La fertilidad del suelo es uno de los factores que afectan significativamente la calidad de los forrajes (Santacoloma *et al.*, 2015). El nitrógeno, fósforo y potasio

desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de las plantas, debido a que el primero es un constituyente esencial de las proteínas y otros compuestos indispensables para la planta, el segundo forma parte de los compuestos transportadores de energía y es importante en la energética del metabolismo de la planta y, por último, el K actúa en la activación de varias enzimas interviniendo en la síntesis molecular, en la transferencia de energía, en la regulación del potencial osmótico del sistema radicular y el equilibrio iónico de las células de la planta (Tang, 1986).

Tradicionalmente, 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 (Barbazan, 2008). La alfalfa sólo necesita un poco de nitrógeno 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, llegando a requerir de 100 a 300 kg ha⁻¹ de fósforo, y de 100 a 500 kg ha⁻¹ de potasio y solo de 20 a 60 kg ha⁻¹ de nitrógeno (Rodríguez, 1989).

2.3 Factores que afectan el rebrote de los forrajes

2.3.1 Índice de área foliar

El índice de área foliar (IAF) altera la calidad de la luz que incide sobre un forraje, puede modificar algunas variables morfogénicas a nivel de planta individual, tales como la tasa de elongación y aparición de hojas y, consecuentemente cambiar algunas características estructurales de las praderas, tales como densidad y tamaño de macollos (Colabelli *et al.*, 1998). Cuando la superficie de hojas es excesiva, el IAF está superando al óptimo de manera que las hojas basales no reciben suficiente luz, en este caso es común observar un incremento en el amarillamiento y muerte de las hojas ubicadas en la base del tallo (Baguet y Bavera, 2001).

2.3.2 Meristemas de crecimiento

Briske (1991) consignó que la velocidad de rebrote depende de la presencia de regiones meristemáticas activas en los tallos, que permanecen en la plata después de una defoliación, lo cual acelera la expansión foliar. En el caso de algunas leguminosas forrajeras, las yemas y meristemas de crecimiento se encuentran siempre muy próximos al suelo, o bien, por debajo del nivel de corte o sobrepastoreo, por los que sus yemas no son normalmente dañadas por la defoliación y en casi todos los casos su rebrote es rápido. En cambio, en el caso de aquellas leguminosas de tallos erectos, las yemas y meristemas apicales están siempre por encima de la altura de defoliación, debido a la rápida elongación que se produce en los entrenudos de sus tallos (Gallarino, 2009)

2.3.3 Reservas de carbohidratos

El momento de la defoliación es crucial donde una defoliación temprana tiene implicaciones en el almacenamiento de carbohidratos (Worley, 1979). De acuerdo con Briske (1991) y Richards (1993) las reservas de carbohidratos, la cantidad y tipo de tejido removidos (tejido remanente y meristemas de crecimiento), son los factores más importantes, que determinan el impacto de la defoliación en la planta y las características que regulan su posterior recuperación. Cuando la defoliación es muy severa el rebrote dependerá de los carbohidratos no estructurales presentes en la base del tallo y raíces, se ha observado una movilización específica de componentes de nitrógeno del tejido residual, después de la defoliación, a zonas de crecimiento en varias especies forrajeras (Volenec *et al.*, 1996).

2.3.4 Frecuencia e intensidad de corte

Se entiende por frecuencia de corte al intervalo en tiempo de un corte y el siguiente, o bien, el número de cortes realizados en una pradera en un periodo de tiempo determinado, generalmente, en una estación o durante todo el año (Jiménez y Martínez,

1984). El manejo eficiente de las especies forrajeras es primordial para mantener una alta productividad y calidad del forraje, sin propiciar el deterioro de la pradera. La frecuencia e intensidad de cosecha son los dos componentes de toda estrategia de manejo, que determinan mayormente el rendimiento, calidad y persistencia de la pradera, debido a la disminución o aumento en la intensidad y frecuencia de pastoreo, para favorecer la tasa de rebrote en las plantas y disminuir las pérdidas por senescencia y descomposición del forraje (Cruz *et al.*, 2011). En general, podemos decir que aquellas especies de porte rastrero, estoloníferas o rizomatosas, de crecimiento continuo, se adaptan o toleran mejor las defoliaciones frecuentes y poco intensas. Por otro lado, las especies forrajeras de porte erecto y de crecimiento cíclico se adaptan mejor a los cortes o pastoreos poco frecuentes y en general, más intensos (Gallarino, 2009).

2.3.5 Producción estacional de forrajes

El balance entre la tasa de crecimiento y pérdida de tejido de una pradera varía con la estación del año, por lo que el conocimiento de los cambios estacionales en la curva de crecimiento permite establecer la frecuencia de defoliación a la que se deben cosechar las diferentes especies forrajeras, para obtener un alto rendimiento de forraje de buena calidad. En México, los patrones de producción de forrajes son influenciados por las variaciones regionales de clima, por lo que es importante conocer los patrones estacionales de crecimiento de las especies forrajeras más utilizadas en cada una de las regiones ecológicas del país (Esparza, 2009). Morales *et al.* (2006) encontró que la mayor producción coincide con los meses más calurosos, esto debido a que la temperatura e intensidad de luz fueron más altos; por otro lado, la producción más baja se llevó a cabo en los meses más fríos. Respecto a la estacionalidad de *Lotus corniculatus*, Formoso (1993) encontró que en otoño e invierno las tasas medias de producción son sustancialmente inferiores a las de primavera-verano, siendo el invierno con la menor producción dentro de cada edad del cultivo. *Lotus* no presenta “reposo” invernal, por lo que, se ve favorecido con inviernos no muy fríos; sin embargo, su comportamiento productivo se ve mermado con condiciones frías y secas (Ayala y Carámbula, 2009).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del sitio de estudio

El estudio fue realizado en otoño e invierno (2 de septiembre del 2020 al 10 de abril del 2021), en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, en las coordenadas 25° 23' de Latitud Norte y 101° 00' de Longitud Oeste, a una altitud de 1783 m. El clima del lugar es templado semiseco, con una temperatura promedio de 18 °C. Los inviernos son extremos, predominan temperaturas máximas superiores a 18 °C y algunos días con temperaturas mínimos inferiores a 0 °C. El promedio anual de precipitación en la zona es de 340 mm (Climate-Data-org, 2010). De acuerdo a los resultados de laboratorio, el suelo presentó una textura migajón arcilla-arenoso, con una densidad aparente de 1.25 g cm³, pH 7.38, conductividad eléctrica, 0.530 mS/cm y un porcentaje de materia orgánica del 3.026 %.

3.1.1 Condiciones del clima durante el experimento

En la Figura 2 se muestran las temperaturas y precipitaciones que se registraron durante el periodo que abarcó el experimento, los datos fueron obtenidos por medio de la red universitaria de observatorios atmosféricos (RUOA). Durante el periodo de estudio la máxima temperatura fue de 29.9 °C y una mínima de -3.0 °C. La mayor precipitación acumulada se registró en la primera mitad del mes de septiembre con 42.5 mm, en los demás meses las precipitaciones acumuladas fueron mínimas o nulas.

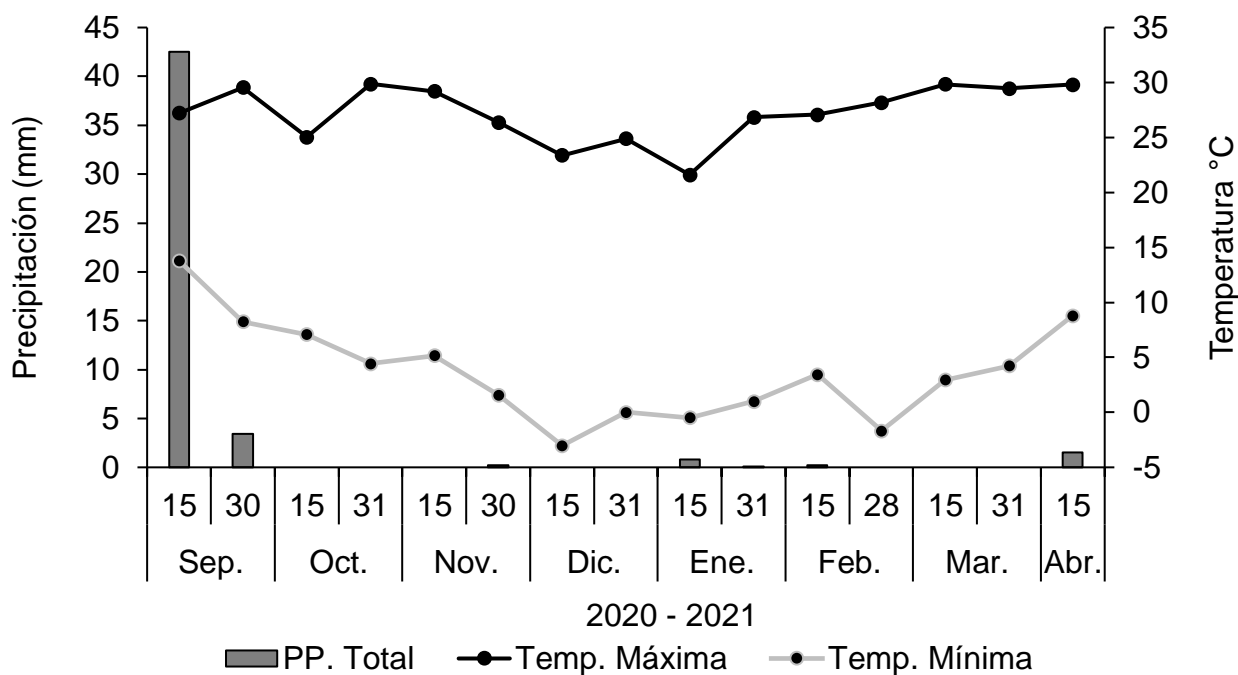


Figura 2. Medias quincenales de la temperatura máxima, mínima y precipitación acumulada.

3.2 Manejo de las parcelas experimentales

Se utilizaron parcelas de 1.5 x 6 m, por cultivar y repetición, establecidas el 8 de junio de 2019. Se estudiaron tres genotipos de *Lotus corniculatus* L. (226796, 232098, 255301) y la alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Premium, considerada como testigo. Los cultivares de *Lotus* se establecieron mediante trasplante, utilizando una densidad 16 plantas por metro cuadrado. Las plántulas fueron reproducidas previamente en invernadero. Para el establecimiento de la alfalfa la siembra fue al voleo con una densidad de siembra de 22 kg SPV ha⁻¹. En los genotipos de *Lotus*, se manifestó deficiencia de micronutrientes, por lo que posterior al corte, se llevó a cabo la aplicación del producto UltraSolMicro[®], en tres ocasiones cada semana, a una dosis de 5 kg ha⁻¹.

3.3 Tratamientos y diseño experimental

Las fuentes de variación fueron los forrajes estudiados y dos estaciones del año (otoño e invierno). Los muestreos se realizaron mediante cortes fijos definidos por estación. En otoño todos los forrajes fueron muestreados cada 35 días. Para invierno el intervalo para la alfalfa fue de 42 días y 84 días para los genotipos de *Lotus*. El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con tres repeticiones. El factor de bloqueo fue la pendiente del terreno, y por ende el riego.

3.4 Variables evaluadas

3.4.1 Rendimiento de forraje

El rendimiento de forraje se determinó al cortar el forraje presente en un cuadro de 0.25 m² (50 x 50 cm), ubicados al azar dentro de cada repetición, realizando el corte de planta a una altura aproximada de 5 cm arriba de suelo. El forraje obtenido en cada cultivar se depositó en bolsas de papel previamente identificadas, después se sometió a un secado en una estufa de aire forzado, a una temperatura de 55 °C hasta obtener peso constante, de esta forma se obtuvo el peso de la materia seca parcial, con lo cual se determinó el rendimiento por unidad de superficie (kg MS ha⁻¹).

3.4.2 Composición botánica - morfológica

La composición botánica y morfológica se determinó utilizando una sub-muestra de aproximadamente un 10 % del forraje utilizado para el rendimiento de forraje, y separándola en hoja, tallo, material muerto, inflorescencia y maleza. Cada componente se colocó por separado en bolsas previamente etiquetadas para someterla a un secado en una estufa de aire forzado, a una temperatura de 55 °C hasta obtener peso constante. Para tener un peso más exacto se utilizó una báscula analítica para pesar las muestras, secas de cada uno de los componentes botánico-morfológicos, teniendo registrado estos

pesos, se calculó la composición botánica y morfológica y el aporte al rendimiento de cada componente en porcentaje y kg MS ha⁻¹, utilizando las siguientes formulas:

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

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

3.4.3 Relación hoja: tallo

Con los datos obtenidos de la composición botánica y morfológica de hoja y tallo de cada cultivar, 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 (kg MS ha⁻¹).

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

3.4.4 Altura de la planta

Para la estimación de la altura de la planta de los cultivares, antes de realizar el corte, se tomaron diez alturas de planta al azar en cada repetición, para ello se utilizó una regla graduada de 100 cm. Obtenidas las diez lecturas de cada repetición en cada cultiva, se prosiguió a calcular el promedio de altura de planta por cada repetición.

3.4.5 Radiación solar interceptada

Para la determinación del porcentaje de luz interceptada se empleó la barra light o sensor de quantum de 70 cm de longitud, modelo PS-100, Apogee, Inst, Utah, USA, la

cual se emplea de manera horizontal y con una orientación de norte – sur y debe estar nivelada mediante la burbuja a la hora de tomar la lectura. Se tomaron tres lecturas por cada repetición antes de realizar el corte, alrededor de las 12:00 pm, hora en la que los rayos del sol inciden de forma perpendicular sobre la superficie de las parcelas. Las lecturas fueron sobre el dosel y debajo el dosel, para que con las primeras se registrara la luz recibida (100 %) y la lectura bajo el dosel representara la luz que no interceptó la planta. Con los registros de estas lecturas se calculó el porcentaje de luz interceptada por repetición, utilizando la siguiente formula:

$$\% \text{ LI} = 100 - (\text{LT} * 100) / \text{LR}$$

Dónde:

% LI = Porcentaje de luz interceptada.

LR = Cantidad de luz recibida ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{nm}^{-1}$).

LT = Cantidad de luz transmitida ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{nm}^{-1}$).

3.5 Análisis estadístico

Para comparar el efecto del cultivar y de la estación sobre las variables evaluadas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un diseño de bloques completamente al azar, con tres 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 presenta el rendimiento de forraje de tres de genotipos de *Lotus corniculatus* y la alfalfa, cosechados en otoño e invierno, a un intervalo determinado por estación y especie. No se registraron diferencias estadísticas entre estaciones del año en cada cultivar estudiado ($p>0.05$), pero si en el promedio estacional y entre cultivares dentro de cada estación ($p<0.05$). En el otoño se obtuvo la mayor producción de forraje con 3,902 kg MS ha⁻¹, e invierno la producción menor con 3,140 kg MS ha⁻¹. En otoño, invierno y promedio por cultivar, la alfalfa produjo mayor cantidad de forraje que los genotipos de *Lotus corniculatus* con 6,926, 5,884 y 6,405 kg MS ha⁻¹, respectivamente. Así mismo, en otoño los menores rendimiento de forraje se registraron con los genotipos de *Lotus corniculatus* L., respecto a la variedad Premium de alfalfa, con un promedio de 2,894 vs 6,926 kg MS ha⁻¹, respectivamente. En el invierno y en promedio por cultivar, el menor rendimiento correspondió al genotipo de *Lotus* 226796 con 1,134 y 1,530 kg MS ha⁻¹, respectivamente.

En otras investigaciones (García *et al.*, 2014) en el estado de México, reportaron valores menores respecto a los rendimientos de los genotipos 232098 y 255301, obteniendo una producción promedio en siete cortes de 566.4 y 641.2 kg MS ha⁻¹ respectivamente para cada genotipo, utilizando una frecuencia de corte de 45 días. Lo anterior puede ser atribuido a las diferentes condiciones de clima y suelo (Rojas *et al.*, 2016). De manera similar, para el caso de la alfalfa, Rivas *et al.* (2005) en cinco variedades de alfalfa en el Estado de México, obtuvieron rendimientos estacionales menores (4,586 kg MS ha⁻¹) a los obtenidos con la var. Premium en invierno, aunque los resultados fueron menores a los obtenidos en otoño. En otros estudios como el de Álvarez *et al.* (2018) registraron rendimientos estacionales muy inferiores, con 2,122 kg MS ha⁻¹ en otoño y 2,306 kg MS ha⁻¹ en invierno, al evaluar diez variedades de alfalfa.

Cuadro 2. Rendimiento de materia seca (kg MS ha⁻¹) de tres genotipos de *Lotus corniculatus* y alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Premium, cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Estación del año		Promedio	Sig.
	Otoño	Invierno		
226796	1926 ^{Ba}	1134 ^{Ca}	1530 ^C	Ns
232098	2918 ^{Ba}	2170 ^{BCa}	2544 ^{BC}	Ns
255301	3839 ^{Ba}	3374 ^{Ba}	3606 ^B	Ns
Alfalfa	6926 ^{Aa}	5884 ^{Aa}	6405 ^A	Ns
Promedio	3902 ^a	3140 ^b	3521	*
Sig.	*	*	*	

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p > 0.05$). * = Significancia. NS = No significativo. Cortes fijos definidos por estación y cultivar; otoño = cada 35 días para todos los cultivares e invierno = Genotipos de *Lotus* cada 84 días y alfalfa cada 42 días.

4.2 Composición botánica – morfológica

Las aportaciones en porcentaje y kg MS ha⁻¹ de tres genotipos de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), y la alfalfa, cosechados a intervalos de corte estacional y por cultivar se presentan en la Figura 3. En la aportación en porcentaje y kg MS ha⁻¹ de cada componente, entre estaciones ningún componente presentó diferencia ($p > 0.05$), por el contrario, entre componentes dentro de cada estación, si presentaron diferencias ($p < 0.05$). El componente hoja fue el que registró un mayor porcentaje de aporte al rendimiento de materia seca con un promedio de 73, 69, 74, y 54 %, para los genotipos 226796, 232098, 255301 y alfalfa, respectivamente (Cuadros anexos 7 y 8), por el contrario, la inflorescencia y la maleza fueron los que tuvieron una nula aportación al rendimiento con 0 % en todos los cultivares estudiados. Los mayores porcentajes de hoja los presentó el genotipo de 255301 en otoño e invierno con 75 y 73 % respectivamente, así mismo el menor lo hizo la alfalfa con 53 y 55 %, para otoño e invierno,

respectivamente. La mayor aportación de tallo al rendimiento total en porcentaje lo presentó la alfalfa con 43 y 42 % en otoño e invierno, respectivamente y los menores el genotipo de *L. corniculatus* 255301 con 19 % en ambas estaciones evaluadas. La mayor aportación de material vegetativo muerto se presentó en el genotipo 232098 en invierno con 16 %, así el menor en la alfalfa con 2 % en la misma estación. En otoño los valores oscilaron entre 3 y 5 % de aportación de la materia muerta al rendimiento. No se presentó inflorescencia en ninguno de los cultivares ni estaciones evaluadas.

En la composición del rendimiento en kg MS ha⁻¹, de cada componente botánico-morfológico, la mayor cantidad la aportó la hoja en el caso de los genotipos de *L. corniculatus*, contrario a la alfalfa la hoja y el tallo no difirieron ($p>0.05$), con 3,365 y 2,897 kg MS ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 10 Anexos). Los componentes que menos aportaron fueron el material vegetativo muerto, inflorescencia y maleza. La mayor producción de hoja en ambas estaciones se produjo en la alfalfa con 3,614 y 3,116 kg MS ha⁻¹, respectivamente, mientras que la menor en el genotipo de *Lotus* 226796 con 1,345 y 827 kg MS ha⁻¹. Así mismo, la alfalfa también produjo la mayor cantidad de tallo respecto a los genotipos de *L. corniculatus* con 3,115 y 2,679 kg MS ha⁻¹ para otoño e invierno al igual que el genotipo 226796 produjo la menor producción con 526 y 226 kg MS ha⁻¹, respectivamente. En el caso del material vegetativo muerto, los valores oscilaron entre 52 kg MS ha⁻¹ en invierno para la alfalfa y 226 kg MS ha⁻¹ para el genotipo 255301. La mayor presencia de maleza se registró en la alfalfa con 37 kg Ms ha⁻¹ en invierno, en otoño sólo el genotipo 255301 presentó 4 kg MS ha⁻¹, en el resto de los cultivares la producción fue nula al igual que la inflorescencia en todos los cultivares y estaciones.

García *et al.* (2014), encontró en promedio de siete cortes 641.2 kg MS ha⁻¹ para el componente hoja y 383.9 kg MS ha⁻¹ para el tallo, para el cultivar 255301. En otra investigación, donde en conjunto con otros genotipos se utilizó el 232098, García *et al.* (2014) para el componente hoja de este genotipo, registró 345.2 kg MS ha⁻¹ como promedio de siete cortes. Por su parte Guevara (2021), en su investigación con alfalfa var. Premium, en la estación de verano, registró al tallo como el componente que más

kilogramos aportó al rendimiento, seguido por la hoja, material muerto, maleza e inflorescencia con 1027, 462,59, 42 y 16 kg MS ha⁻¹.

Hernández *et al.* (2021) en un estudio de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L. incluido el 226796, en el que registraron una mayor aportación por parte de la hoja con un 86 % cuando la planta tenía 7 días de rebrote. Respecto al tallo y material muerto a la misma edad de rebrote, obtuvieron 14 y 0 % de aportación respectivamente. Aunque las malezas presentaron una nula aportación, Teixeira *et al.* (2007) mencionan que este componente puede aumentar con el tiempo por efecto del tiempo de establecimiento y la frecuencia de corte. Por su parte García *et al.* (2014), mencionan que los componentes morfológicos que más influyen en el rendimiento acumulado de forraje son la hoja y el tallo con un coeficiente de correlación del 0.95 y 0.97, respectivamente. Arroyo (2020), encontró que el componente material muerto se presenta en las semanas 5, 6 y 7 de rebrote, en el genotipo 226796, con valores alrededor del 4 %, este mismo autor menciona que para la estación de primavera no se registra presencia de la inflorescencia en los tres cultivares de *Lotus* estudiados en este trabajo.

En otros estudios como el de Álvarez *et al.* (2020) obtuvieron resultados similares a este estudio en el genotipo 202700, con aporte del 58 % del componente hoja, seguida por el tallo (31%), material muerto (7%), y malezas (4%), en cuanto al material muerto, Hernández *et al.* (2021) menciona que este al igual que el porcentaje de aportación del tallo se incrementan conforme avanza la edad de la planta. En comparación con nuestros promedios obtenidos en nuestro estudio, las diferencias más marcadas se ven reflejadas en la hoja y tallo, diferencia que puede deberse a que en nuestro estudio solo evaluamos dos estaciones y en la investigación mencionada, los cortes se realizaron en función de la luz interceptada y con un corte fijo estacional. Las diferencias también pueden presentarse debido a las condiciones del lugar donde se realiza el estudio. García *et al.* (2014) en su investigación con doce genotipos de *Lotus corniculatus*, entre ellos el 255301, encontró diferencias en la producción de forraje a consecuencia de las condiciones climáticas del lugar.

Morán (2022), en variedad Premium de alfalfa en verano, reporto para el componente hoja un promedio de aportación de 45 %, nueve unidades porcentuales menos que lo obtenido en nuestro estudio, para el caso del tallo reporta un 6% más que lo registrado en el presente trabajo. Las diferencias pueden estar relacionadas por la estación. Por su parte, Guevara (2021) registró respecto a la hoja, aportaciones del 53% en primavera. En otro estudio en primavera, en el sureste de Coahuila, Carmona (2021) registró que la hoja fue el componente de mayor aporte al rendimiento de forraje, seguido por el tallo, material vegetativo muerto, inflorescencia y maleza.

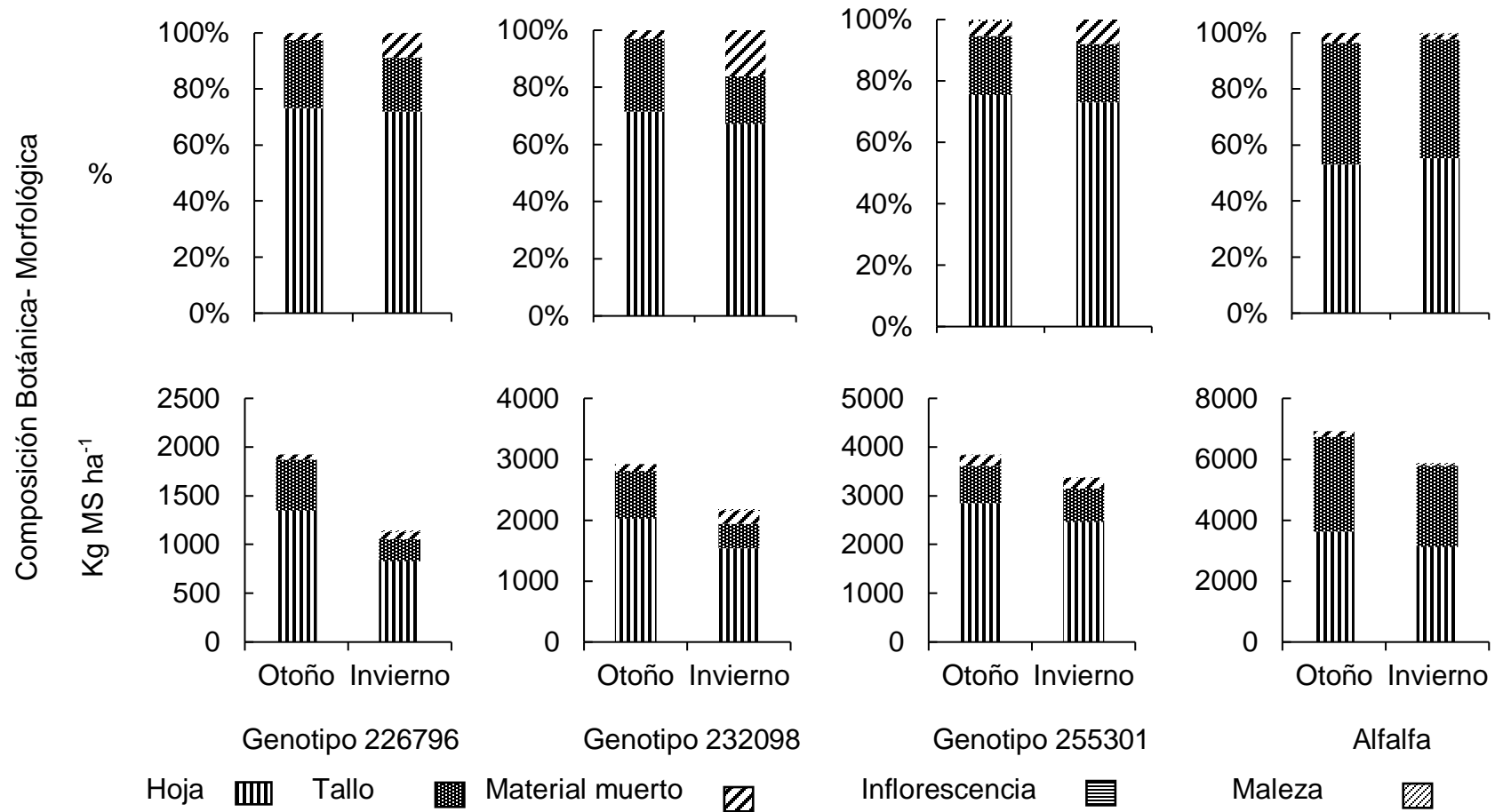


Figura 3. Composición botánica-morfológica de tres genotipos de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), y alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Premium, cosechados a intervalos de corte estacional y por cultivar (Otoño: *L. corniculatus* y alfalfa cada 45 d e invierno para alfalfa 42 d y para *L. corniculatus* 84 d).

4.3 Relación hoja-tallo

En el Cuadro 3 se muestra la relación de la hoja respecto al tallo (R:H/T) de tres genotipos de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) y alfalfa, cosechados en otoño e invierno. No se registraron diferencias estadísticas entre estaciones y promedio por estación ($p>0.05$). Por el contrario, si hubo diferencias ($p<0.05$) entre promedios de cultivares. En ambas estaciones la alfalfa fue la que tuvo la mínima R:H/T, con un valor de 1.3, lo que refiere a una producción de hoja similar a la del tallo (Cuadro 11; Anexos). Respecto a los genotipos 226796, 232098 y 255301 sus promedios fueron de 3.5, 3.6 y 4.1, respectivamente, lo que significa que la hoja produjo más materia seca que el tallo. En otoño el genotipo 255301 fue el que mayor R:H/T registró con un valor de 4.3, similar ($p>0.05$) al 226796 pero menor a la alfalfa con 1.3 al igual que en invierno, donde los tres genotipos de *Lotus* no difirieron ($p>0.05$). En su estudio con doce genotipos de *L. corniculatus*, García *et al.* (2014), encontró promedios relativamente menores de R: H/T para los genotipos 255301 y 232098 con valores de 2 y 1.8 respectivamente, relaciones claramente superadas por las registradas en el presente estudio. Para el caso de la alfalfa, Rojas *et al.* (2017), en su investigación con cinco variedades de alfalfa, en el Estado de México, registró promedios de R: H/T de 1.46 en otoño y 1.52 para invierno, valores mayores a los encontrados en nuestro estudio.

Cuadro 3. Relación hoja-tallo (R:H/T) de tres genotipos de *Lotus corniculatus*, y alfalfa (*Medicago sativa* L.) var. Premium, cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Estación del año		Promedio	Sig.
	Otoño	Invierno		
226796	3.3 ^{Aba}	3.8 ^{Aa}	3.5 ^A	Ns
232098	3.0 ^{Ba}	4.2 ^{Aa}	3.6 ^A	Ns
255301	4.3 ^{Aa}	3.9 ^{Aa}	4.1 ^A	Ns
Alfalfa	1.3 ^{Ca}	1.3 ^{Ba}	1.3 ^B	Ns
Promedio	3.0 ^a	3.3 ^a	3.3	Ns
Sig.	*	*	*	

Medias seguidas con 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. Ns = No significativo. Cortes fijos definidos por estación y cultivar; otoño = cada 35 días para todos los cultivares e invierno = Genotipos de Lotus cada 84 días y alfalfa cada 42 días.

4.4 Altura de la planta

Las alturas de la planta de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L., y la variedad Premium de alfalfa, se muestran en el Cuadro 4. No se presentaron diferencias ($p > 0.05$) entre estaciones para cada cultivar, pero si entre cultivares dentro de cada estación evaluada ($p < 0.05$). En el promedio por cultivar la mayor altura la presentó la alfalfa con 37 cm, mientras la menor el genotipo 226796 con 9 cm. Así mismo, tanto en otoño como en invierno la alfalfa sobresalió ($p < 0.05$) respecto a los genotipos de *Lotus*, con 39 y 35 cm, respectivamente. El genotipo 226796 fue el que registró la menor altura con 8 y 10 cm, siendo similar al 232098.

Rojas *et al.* (2017), en cinco variedades de alfalfa, reportaron una altura de planta superior en la estación de otoño con 49 cm en comparación con la estación de invierno

en la que registró una altura promedio de 27 cm. Por su parte Guevara (2021), utilizando la misma variedad de alfalfa, pero en primavera y verano, reporta promedios de altura de 41 cm en primavera y 58 cm para verano. En cuanto a los cultivares de trébol pata de pájaro, Hernández *et al.*, (2021) trabajando en condiciones de invernadero, reportaron que el genotipo 255301 presentó la mayor altura con un promedio 25.4 cm, una altura muy superior a la obtenida en nuestro estudio, la cual puede deberse a las condiciones de invernadero, sin embargo, en nuestro trabajo, el genotipo 255301 junto con el 226796 fueron los que mayor ($p < 0.05$) altura registraron.

Cuadro 4. Altura de planta (cm) de tres genotipos de *Lotus corniculatus*, y alfalfa (*Medicago sativa* L.) var. Premium, cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Estación del año		Promedio	Sig.
	Otoño	Invierno		
226796	8 ^{Ca}	10 ^{Ca}	9 ^C	Ns
232098	11 ^{BCa}	12 ^{BCa}	12 ^{Ba}	Ns
255301	12 ^{Ba}	16 ^{Ba}	14 ^B	Ns
Alfalfa	39 ^{Aa}	35 ^{Ab}	37 ^A	*
Promedio	18 ^a	18 ^a	18	Ns
Sig.	**	**	**	

Medias seguidas con 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. NS = No significativo. Cortes fijos definidos por estación y cultivar; otoño = cada 35 días para todos los cultivares e invierno = Genotipos de *Lotus* cada 84 días y alfalfa cada 42 días.

4.5 Porcentaje de luz interceptada

En el Cuadro 5 se presentan los porcentajes de luz interceptada por las parcelas de cada uno de los cultivares estudiados en otoño e invierno. Para el caso de esta

variable se presentaron diferencias ($p < 0.05$) tanto entre estaciones como entre cultivares. Independiente de la estación los promedios por cultivar mostraron que la menor intercepción de luz la registró el genotipo 226796 con un valor de 53 %, siendo superiores los cultivares 232098 (81 %), 255301 (83%) y alfalfa (83 %). En otoño los genotipos 232098 y 255301, presentaron los mayores valores (85 %), y el menor en el 226796 con 64 %. Para invierno, los mayores valores se registraron en los genotipos 232098 (78 %), 255301 (80 %) y alfalfa (83 %), respecto al menor valor en el 226796 con un porcentaje de intercepción de 53 %. Independientemente del genotipo, la mayor intercepción de luz se alcanzó en otoño con un promedio de 79 % y menor en invierno con 71 %. El mismo comportamiento se presentó en los genotipos 232098 y 255301 ($p < 0.05$), no así el 226796 y la alfalfa donde no se presentaron diferencias ($p > 0.05$) entre estaciones.

Cuadro 5. Porcentaje de luz interceptada de tres genotipos de *Lotus corniculatus*, y alfalfa (*Medicago sativa* L.) var. Premium, cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Estación del año		Promedio	Sig.
	Otoño	Invierno		
226796	64 ^{Ba}	41 ^{Ba}	53 ^B	Ns
232098	85 ^{Aa}	78 ^{Ab}	81 ^A	*
255301	85 ^{Aa}	80 ^{Ab}	83 ^A	**
Alfalfa	83 ^{ABa}	83 ^{Aa}	83 ^A	Ns
Promedio	79 ^a	71 ^b	75	*
Sig.	*	*	*	

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p > 0.05$). * = Significancia. NS = No significativo.

La radiación interceptada y el IAF pueden ser criterios utilizados para determinar el momento óptimo de corte, siempre y cuando no existan daños en la producción de forraje por factores climáticos adversos (Wilson, 2017). En su investigación con cinco

variedades de alfalfa, Rojas *et al.* (2017) menciona que todas las variedades presentaron una estrecha relación entre radiación solar interceptada y tasa de crecimiento, índice de área foliar y altura de la planta, mientras mayor es la radiación solar interceptada mayor fue la tasa de crecimiento, índice de área foliar y altura de la planta. Utilizando el cultivar 255301 con tratamientos de 90, 95, 100% de intercepción luminosa y un corte fijo, Álvarez *et al.* (2020), encontró que con un 95% de luz interceptada se presentó una mayor cantidad de hoja con un promedio de 16,526 kg MS ha⁻¹ en el periodo otoño-verano.

V. CONCLUSIONES

El rendimiento de forraje y porcentaje de luz interceptada se vieron afectados por la estación y cultivar estudiado. El rendimiento y radiación solar interceptada fue mayor en otoño respecto al invierno, así mismo el genotipo 226796 presento menores rendimientos en comparación al resto de los cultivares. La alfalfa superó en rendimiento a los genotipos de *Lotus corniculatus* L., y en la radiación solar interceptada fue similar a los genotipos 232098 y 255301. La altura de planta, la composición morfológica no se vio afectada por la estación, pero fue diferente entre cultivares. La alfalfa superó a los genotipos de *Lotus.*, en la producción y aportación de los componentes botánico-morfológicos al rendimiento total. La hoja fue el componente que más aportó al rendimiento con más del 50 %, seguida por el tallo, material muerto, maleza e inflorescencia.

VI. LITERATURA CITADA

- Alem, D., Narancio, R., Dellavalle, P. D., Rebuffo, M., Zarza, R., Dalla Rizza, M. (2011).** Molecular characterization of *Lotus corniculatus* cultivars using transferable microsatellite markers. *Ciencia e investigación agraria: Revista Latinoamericana de Ciencias de la Agricultura*, 38(3), 453-461. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202011000300015>
- Álvarez-Vázquez, P., Hernández-Garay, A., Mendoza-Pedroza, S. I., Rojas-García, A. R., Wilson-García, C. Y., Alejos-de la Fuente, J. I. (2018).** Producción de diez variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a cuatro años de establecidas. *Agrociencia*, 52(6), 841-851. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v52n6/2521-9766-agro-52-06-841.pdf>
- Álvarez-Vázquez, P., Hernández-Garay, A., García-de los Santos, G., Guerrero-Rodríguez, J. D., Mendoza-Pedroza, S. I., Ortega-Cerrilla, M. E., Wilson-García, C. Y. (2018).** Potencial forrajero de *Lotus corniculatus* L. con diferentes estrategias de manejo. *Agroproductividad*, 11(5), 24-29. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/366>
- 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. <https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/1724/1724>
- Alvarez Vazquez, P., Guerrero Rodríguez, J. D. D., García De Los Santos, G., Ortega Cerrilla, M. E., Mendoza Pedroza, S. I., Cancino, S. J. (2020).** Acumulación de forraje de *Lotus corniculatus* L., en función a diferentes estrategias de cosecha. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(4), 1087–1100. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i4.4950>

- Alvarez Vazquez, P., Guerrero Rodríguez, J. D. D., García De Los Santos, G., Ortega Cerrilla, M. E., Mendoza Pedroza, S. I., Cancino, S. J. (2020).** Acumulación de forraje de *Lotus corniculatus* L., en función a diferentes estrategias de cosecha. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 11(4), 1087–1100. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i4.4950>
- Arroyo, H. (2020).** Comparación productiva de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L., en el ciclo de primavera [Tesis de licenciatura, UAAAN]. Repositorio Digital de la UAAAN. 68 p. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/47312>
- Ayala, W., Carámbula. (2009).** El valor agronómico del género *Lotus*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Uruguay, pp 424.
- Baguet, H. A., Bavera, G. A. (2001).** Fisiología de la planta pastoreada. Universidad Nacional del Río Cuarto. Provincia de Córdoba, Argentina. 6p. https://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/00-pastoreo%20sistemas.htm
- Barbazán, M., Ferrando, M., Zamalvide, J. (2008).** Diagnóstico nutricional de *Lotus corniculatus* L. en suelos de Uruguay. Informaciones Agronómicas, 39:6-13. [http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/0/9DA500AD9F632B048525799500775BBD/\\$FILE/2.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/0/9DA500AD9F632B048525799500775BBD/$FILE/2.pdf)
- Barry, T., Kemp, P., Ramírez - Restrepo, C., López, N. (2003).** Sheep production and agronomic performance of *Lotus corniculatus* under dryland farming. In: New Zealand Grassland Association Symposium (2003, Lincoln). Legumes for dryland pastures. Palmerston North, AGRICOM. pp. 109-116 (Grassland Research and Practice Series no. 11). <https://doi.org/10.33584/rps.11.2003.3003>
- Benton, J. J. Jr. (2003).** Agronomic handbook. Management of crops, soils, and their fertility. CRC PRESS. Boca Raton. London. New York. Washington, D.C. USA. 450 p.

- Beuselinck P. R., Grant W. F. (1995).** Birdsfoot trefoil. In: Forages, An Introduction to Grassland Agriculture. R F Barnes, A H Brown, D J Crowford (eds). Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa. 5th Ed. Vol. 1 pp:237-248. <https://doi.org/10.1071/EA06147>
- Bouton, J. (2001).** Alfalfa. In: Gomide JA, Mattos WRS, da Silva SC (eds) Proc. XIX International Grassland Congress, Sao Pedro, Sao Paulo Brazil. 11–21(February 2001). FEALQ, Piracicaba SP Brazil, 545- 547.
- 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. http://agriflifecd.n.tamu.edu/briske/files/2013/01/Briske-StrategiesPlantSurvival-1996_9.pdf
- Bustillo, E. (1995).** Alfalfas de alta rentabilidad. Cómo lograrlo. Manual de Divulgación Técnica. Dekalb Argentina SA. 121 p.
- Canals, R. Peralta, J., Zubiri, E. (2009).** Flora pratense y forrajera cultivada de la península Ibérica., UNAVARRA, Pamplona, España, pp. 2. Recuperado el 01 de enero del 2020.
- 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. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/47332>
- 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., 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. <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/120>

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., 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., Chocarro G. C. (2020). La alfalfa. Universitat de Lleida. 364 p.

Del Pozo, I. M., 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/39/lotus-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., Quero Carrillo, A. R. (2009).** Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto ovilla. *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-Bonilla, D. V., Guerrero-Rodríguez, J. D. D., García de los Santos, G., Lagunes-Rivera, S. A. (2014).** Rendimiento y calidad de forraje de genotipos de *Lotus corniculatus* en el Estado de México. *Nova Scientia*, 7(13), 170-189.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/ns/v7n13/v7n13a10.pdf>

- 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. 86 p. <http://hdl.handle.net/10521/622>
- García de los Santos, G., 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>
- Grant F.W. (2009).** *Lotus corniculatus*. SciTopics. Canada. (Consultado el 25 de enero de 2022). Graw – Hill. México p. 622. http://www.scitopics.com/Lotus_corniculatus.html
- 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., Wiersema, J. H., Ritchie, C. A., Kirkbride J. H. Jr. (1992).** Families and general of spermatophytes recognized by the Agricultural Research Service. USDA-ARS, Technical. Bulletin. 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., 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., 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., 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.
- 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., and Ratera, G. (1991).** Praderas y forrajes. Producción y aprovechamiento. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 674 p.

- 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.
- Rivas-Jacobo, M. A., López-Castañeda, C., Hernández-Garay, A., 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., 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., 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., 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>
- Striker G.G., Insausti P., Grimoldi A.A., Ploschuk L.E., 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. [10.1007/s11104-005-5084-0](https://doi.org/10.1007/s11104-005-5084-0)
- Tang, M. (1986).** Factores que afectan la simbiosis leguminosa-Rhizobium. Pastos y Forrajes, 9(3).
<https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=1489>
- Teixeira E. I., Moot, D. J., Brown, H.E., 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., 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>

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. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/9635/20172-cp06-wilson-garcia.pdf

Worley, R. E. (1979). Fall defoliation date and seasonal carbohydrate concentration of pecan wood tissue. Journal of American Society of Horticulture Science 104:195-199.

VII. ANEXOS

Cuadro 6. Rendimiento de materia seca (kg MS ha⁻¹) de tres genotipos de *Lotus corniculatus*, y alfalfa (*Medicago sativa* L.) var. Premium, cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Estación del año		Promedio	Sig.	EEM
	Otoño	Invierno			
226796	1926 ^{Ba}	1134 ^{Ca}	1530 ^C	0.2	367
232098	2918 ^{Ba}	2170 ^{BCa}	2544 ^{BC}	0.4	491
255301	3839 ^{Ba}	3374 ^{Ba}	3606 ^B	0.8	942
Alfalfa	6926 ^{Aa}	5884 ^{Aa}	6405 ^A	0.2	630
Promedio	3902 ^a	3140 ^b	3521	0.02	82
Sig.	0.004	0.0002	0.0001		
EEM	837	452	424		

Medias seguidas con la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p > 0.05$). EEM = Error Estándar de la Media. Sig = Significancia. Cortes fijos definidos por estación y cultivar; otoño = cada 35 días para todos los cultivares e invierno = Genotipos de *Lotus* cada 84 días y alfalfa cada 42 días.

Cuadro 7. Porcentajes de aportación de los componentes botánico-morfológicos al rendimiento de forraje de genotipos de *Lotus corniculatus* L., cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.

Componente	Otoño	Invierno	Promedio	Sig.	EEM
Genotipo 226796					
Hoja	73 ^{Aa}	72 ^{Aa}	73 ^A	0.1	3
Tallo	24 ^{Ba}	19 ^{Ba}	22 ^B	0.4	3
MM	3 ^{Ca}	9 ^{CBa}	6 ^C	0.3	5
Inflorescencia	0 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^C	0	0
Maleza	0 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^C	0	0
Sig.	<.0001	<.0001	<.0001		
EEM	3	6	4		
Genotipo 232098					
Hoja	71 ^{Aa}	67 ^{Aa}	69 ^A	0.4	7
Tallo	25 ^{Ba}	17 ^{Ba}	21 ^B	0.3	4
MM	3 ^{Ca}	16 ^{Ba}	10 ^{CB}	0.3	10
Inflorescencia	0 ^{Ca}	0 ^{Ba}	0 ^C	0	0
Maleza	0 ^{Ca}	0 ^{Ba}	0 ^C	0	0
Sig.	<.0001	0.0008	<.0001		
EEM	1	10	5		

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p>0.05$). EEM = Error Estándar de la Media. Sig = Significancia. Cortes fijos definidos por estación; Otoño= cada 35 días e invierno cada 84 días.

Cuadro 8. Porcentajes de aportación de los componentes botánico-morfológicos al rendimiento de forraje del genotipo 255301 de *Lotus corniculatus* L., y alfalfa (*Medicago sativa* L.) var. Premium, cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.

Componente	Otoño	Invierno	Promedio	Sig.	EEM
Genotipo 255301					
Hoja	75 ^{Aa}	73 ^{Aa}	74 ^A	0.5	2
Tallo	19 ^{Ba}	19 ^{Ba}	19 ^B	0.7	2
MM	5 ^{Ca}	8 ^{Ca}	6 ^C	0.4	3
Inflorescencia	0 ^{Ca}	0 ^{Da}	0 ^D	0	0
Maleza	0 ^{Ca}	0 ^{Da}	0 ^D	0.5	0
Sig.	<.0001	<.0001	<.0001		
EEM	2	2	2		
Alfalfa var. Premium					
Hoja	53 ^{Aa}	55 ^{Aa}	54 ^A	0.5	2
Tallo	43 ^{Ba}	42 ^{Ba}	43 ^B	0.3	1
MM	4 ^{Ca}	2 ^{Ca}	3 ^C	0.1	1
Inflorescencia	0 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^C	0	0
Maleza	0 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^C	0.5	0
Sig.	<.0001	<.0001	<.0001		
EEM	2	1	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 ($p>0.05$). EEM = Error Estándar de la Media. Sig = Significancia. Cortes fijos definidos por estación; Otoño= cada 35 días e invierno cada 84 días.

Cuadro 9. Kilogramos de aportación de los componentes botánico-morfológicos (kg MS ha⁻¹) al rendimiento de forraje de genotipos de *Lotus corniculatus* L., cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.

Componente	Otoño	Invierno	Promedio	Sig.	EEM
Genotipo 226796					
Hoja	1345 ^{Aa}	827 ^{Aa}	1086 ^A	0.2	254
Tallo	526 ^{Ba}	226 ^{Ba}	376 ^B	0.1	104
MM	54 ^{Ca}	78 ^{Ba}	66 ^C	0.6	52
Inflorescencia	0 ^{Ca}	0 ^{Ba}	0 ^C	0	0
Maleza	0 ^{Ca}	4 ^{Ba}	2 ^C	0.5	4
Sig.	385 ^a	227 ^a	306	0.2	73
EEM	<.0001	0.0048	<.0001		
Genotipo 232098					
Hoja	2021 ^{Aa}	1539 ^{Aa}	1780 ^A	0.2	297
Tallo	783 ^{Ba}	397 ^{Ba}	590 ^B	0.2	175
MM	113 ^{Ca}	225 ^{Ba}	169 ^{BC}	0.3	131
Inflorescencia	0 ^{Ca}	0 ^{Ba}	0 ^C	0	0
Maleza	0 ^{Ca}	8 ^{Ba}	4 ^C	0.4	6
Sig.	584 ^a	434 ^a	509	0.4	98
EEM	<.0001	<.0003	<.0001		

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p>0.05$). EEM = Error Estándar de la Media. Sig = Significancia. Cortes fijos definidos por estación; Otoño= cada 35 días e invierno cada 84 días.

Cuadro 10. Kilogramos de aportación de los componentes botánico-morfológicos (kg MS ha⁻¹) al rendimiento de forraje del genotipo 255301 de *Lotus corniculatus* L., y alfalfa (*Medicago sativa* L.) var. Premium, cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.

Componente	Otoño	Invierno	Promedio	Sig.	EEM
Genotipo 255301					
Hoja	2847 ^{Aa}	2466 ^{Aa}	2656 ^A	0.7	625
Tallo	766 ^{Ba}	679 ^{Ba}	722 ^B	0.8	156
MM	223 ^{BCa}	226 ^{BCa}	224 ^C	0.9	191
Inflorescencia	0 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^C	0	0
Maleza	4 ^{Ca}	3 ^{Ca}	3.5 ^C	0.8	6
Sig.	767.7 ^a	674.7 ^a	721	0.8	188
EEM	<.0001	<.0001	<.0001		
Alfalfa var. Premium					
Hoja	3614 ^{Aa}	3116 ^{Aa}	3365 ^A	0.2	307
Tallo	3115 ^{Aa}	2679 ^{Ba}	2897 ^A	0.4	440
MM	197 ^{Ba}	52 ^{Ca}	125 ^B	0.2	73
Inflorescencia	0 ^{Ba}	0 ^{Ca}	0 ^B	0	0
Maleza	0 ^{Ba}	37 ^{Ca}	18 ^B	0.5	45
Sig.	1385 ^a	1177 ^a	1281	0.2	125
EEM	<.0001	<.0001	<.0001		

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p>0.05$). EEM = Error Estándar de la Media. Sig = Significancia. Cortes fijos definidos por estación y cultivar; otoño = cada 35 días para todos los cultivares e invierno = En genotipos de *Lotus* cada 84 días y alfalfa cada 42 días.

Cuadro 11. Relación hoja:tallo (R:H/T) de tres genotipos de *Lotus corniculatus* y alfalfa var. Premium, cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Estación del año		Promedio	Sig.	EEM
	Otoño	Invierno			
226796	3.3 ^{Aba}	3.8 ^{Aa}	3.5 ^A	0.3	0.4
232098	3.0 ^{Ba}	4.2 ^{Aa}	3.6 ^A	0.3	0.7
255301	4.3 ^{Aa}	3.9 ^{Aa}	4.1 ^A	0.5	0.4
Alfalfa	1.3 ^{Ca}	1.3 ^{Ba}	1.3 ^B	0	0
Promedio	3.0 ^a	3.3 ^a	3.3	0.5	0.4
Sig.	0.001	0.004	0.001		
EEM	0.4	0.5	0.4		

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p > 0.05$). EEM = Error Estándar de la Media. Sig = Significancia. Cortes fijos definidos por estación y cultivar; otoño = cada 35 días para todos los cultivares e invierno = En genotipos de *Lotus* cada 84 días y alfalfa cada 42 días.

Cuadro 12. Altura de planta (cm) de tres genotipos de *Lotus corniculatus*, y alfalfa var. Premium, cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Estación del año		Promedio	Sig.	EEM
	Otoño	Invierno			
226796	8 ^{Ca}	10 ^{Ca}	9 ^C	0.6	1
232098	11 ^{BCa}	12 ^{BCa}	12 ^B	0.5	1
255301	12 ^{Ba}	16 ^{Ba}	14 ^B	0.2	1
Alfalfa	39 ^{Aa}	35 ^{Ab}	37 ^A	0.03	1
Promedio	18 ^a	18 ^a	18	0.4	0.7
Sig.	<.0001	<.0001	<.0001		
EEM	1	1	0.8		

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p>0.05$). EEM = Error Estándar de la Media. Sig = Significancia. Cortes fijos definidos por estación y cultivar; otoño = cada 35 días para todos los cultivares e invierno = En genotipos de *Lotus* cada 84 días y alfalfa cada 42 días.

Cuadro 13. Luz interceptada (%) de tres genotipos de *Lotus corniculatus*, y alfalfa var. Premium, cosechados en otoño e invierno, en el sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Estación del año		Promedio	Sig.	EEM
	Otoño	Invierno			
226796	64 ^{Ba}	41 ^{Ba}	53 ^B	0.1	7
232098	85 ^{Aa}	78 ^{Ab}	81 ^A	0.03	1
255301	85 ^{Aa}	80 ^{Ab}	83 ^A	<.0001	0
Alfalfa	83 ^{ABa}	83 ^{Aa}	83 ^A	0.2	5
Promedio	79 ^a	71 ^b	75	0.03	2
Sig.	0.04	0.0002	0.001		
EEM	6	4	4		

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren ($p > 0.05$). EEM = Error Estándar de la Media. Sig = Significancia. Cortes fijos definidos por estación y cultivar; otoño = cada 35 días para todos los cultivares e invierno = En genotipos de *Lotus* cada 84 días y alfalfa cada 42 días.