

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 ciclo de primavera

Por:

Hugo Arroyo Pérez

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Saltillo, Coahuila, México, agosto de 2020.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Comparación productiva de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L., en el ciclo de primavera.

POR:

HUGO ARROYO PÉREZ

TESIS

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

INGENIERÍA AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobada por:

Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez
Asesor principal

Dr. Alejandro Zermeño González
Coasesor

Dr. Joel Ventura Ríos
Coasesor

MC. Fidel Maximiano Peña Ramos
Suplente

Dr. José Dueñez Alaníz

Coordinador de la División de Ciencia Animal
COORDINACIÓN DE CIENCIA ANIMAL



Saltillo, Coahuila, México, agosto 2020.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue, evaluar la productividad de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), de los genotipos 226796, 255301 y 232098 a diferente edad de rebrote, en el ciclo de crecimiento de primavera 2019. El diseño experimental fue un completamente al azar, con tres repeticiones. No se presentaron diferencias entre genotipos, en los promedios del estudio, únicamente en la semana seis, donde el genotipo 232098, fue menor al resto de los genotipos con 4.03 g MS planta⁻¹, con los mayores rendimientos, los genotipos 226796 y 255301, que presentaron diferencias entre ellos, con un promedio de 5.6 g MS planta⁻¹. La comparación entre semanas mostro que la 5, 6 y 7, se obtuvieron los mayores rendimientos, con 5.4, 5.1 y 5.6 g MS ha⁻¹, respectivamente. El menor rendimiento se presentó en la semana uno con 0.4 g MS planta⁻¹. La hoja fue la que más aportó al rendimiento en un 75 % promedio, seguida por el tallo (25 %) y material muerto (0.7 %). La razón hoja:tallo, muestra que el genotipo 226796 tiene mayor valor promedio con 1.8, y en la semana dos los tres genotipos tuvieron un mayor valor con 1.9 promedio. La razón hoja:tallo tendió a disminuir desde un valor mayor promedio de 1.4 en la semana dos hasta un valor promedio de 1.4, en la semana siete. Los mayores pesos de hoja por tallo y tallo individual, se registraron en el genotipo 255301 con 0.11 y 0.07 g MS tallo⁻¹, respectivamente y estos aumentaron desde la semana uno a la semana siete (0.03 y 0.02 vs 0.13 y 0.09 g MS tallo⁻¹, respectivamente). La altura de planta fue similar al final del estudio en los tres genotipos, sin embargo, conforme avanzo la edad de la planta la altura se incrementó de 12 cm en la semana uno a 40 cm en la semana siete, promedio. El 255301 mostro una mayor área foliar por tallo promedio con 17 cm AF tallo⁻¹, esta se incrementó con la edad de rebrote de 5.6 a 21.9 cm AF tallo⁻¹ de la semana uno a la seis. En conclusión, el genotipo 255301, presenta mejores características productivas que el resto, sin embargo los tres genotipos se ven afectados por la edad de rebrote.

Palabras clave: *Lotus Corniculatus* L., rendimiento de materia seca, composición morfológica, área foliar.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the productivity of bird's foot clover (*Lotus corniculatus* L.), of genotypes 226796, 255301 and 232098 at different regrowth age, in the spring 2019 growth cycle. The experimental design was a completely random, with three repetitions. There were no differences between genotypes, in the study averages, only in week six, where genotype 232098 was lower than the rest of the genotypes with 4.03 g DM plant⁻¹. With the highest yields, genotypes 226796 and 255301 did not show differences between them, with an average of 5.6 g DM plant⁻¹. The comparison between weeks showed that the 5, 6 and 7, the highest yields were obtained, with 5.4, 5.1 and 5.6 g DM ha⁻¹, respectively. The lowest yield was presented in week one with 0.4 g DM plant⁻¹. The leaf was the one that contributed the most to the yield in an average 75%, followed by the stem (25 %) and dead material (0.7 %). The leaf: stem ratio shows that genotype 226796 has a higher average value with 1.8, and in week two the three genotypes had a higher value with 1.9 average. The leaf: stem ratio tended to decrease from an average higher value of 1.4 in week two to an average value of 1.4, in week seven. The highest leaf weights per stem and individual stem, were registered in the 255301 genotype with 0.11 and 0.07 g DM stem⁻¹, respectively, and these increased from week one to week seven (0.03 and 0.02 vs 0.13 and 0.09 g DM stem⁻¹, respectively). The height of the plant was similar at the end of the study in the three genotypes, however, as the plant age increased, the height increased from 12 cm in week one to 40 cm in week seven, average. The 255301 showed a greater leaf area per mean stem with 17 cm AF stem⁻¹, this increased with the regrowth age from 5.6 to 21.9 cm AF stem⁻¹ from week one to six. In conclusion, genotype 255301 has better productive characteristics than the rest, however, all three genotypes are affected by the age of regrowth.

Key words: *Lotus Corniculatus* L., dry matter yield, morphological composition, leaf area.

AGRADECIMIENTOS

A mi “ALMA TERRA MATER” la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por todas las facilidades brindadas durante mi estancia como estudiante y por permitirme formarme en una carrera profesional.

A mi familia, que siempre me supo brindar su apoyo y que a pesar de las adversidades siempre depositaron su confianza en mí y que gracias a eso se está logrando una meta más.

A la división de ciencia animal, por todos aquellos conocimientos y experiencias adquiridas durante mi formación extendiendo mi pasión por lo que hago.

A mi asesor de tesis Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez por la asesoría y el enorme apoyo, así como la orientación, que siempre supo brindar a través de sus conocimientos y enseñanzas y sobre todo la disposición de su tiempo.

A todos y cada uno de mis profesores que con sus experiencias, conocimientos y consejos me forjaron durante mi carrera profesional, brindándome su apoyo y amistad.

A esa persona especial, que con su apoyo y constancia siempre me brindo facilidades y que a través que buenos momentos, así como pensamientos positivos siempre me motivo a seguir adelante.

A cada uno de mis amigos, y de todos aquellos que en un momento de mi travesía me brindaron su apoyo al haber llegado a un sitio totalmente desconocido, que con experiencias vividas compartimos momentos significativos.

DEDICATORIA

A mis abuelos, Arsenia Pérez y Salomón Arroyo, que siempre estuvieron dispuestos a apoyarme, al igual que demostraban su orgullo por mí y que con sus palabras siempre llenas de motivación y consejos me llevaron a tomar decisiones que al día de hoy agradezco hayan sucedido, pues muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este.

A mi hermano Moisés Arroyo, que compartiste tus experiencias y deseos de superación conmigo, motivándome a construir mi vida profesional, agradezco de todo corazón el apoyo brindado al igual que aquellas palabras que se volvieron objetivos a seguir.

A mis hermanas, Ana y Ofelia, ustedes que siempre estuvieron ahí dispuestas a ayudar y que siempre confiaron en mí, gracias.

A mis tías, Guille y Verónica, les agradezco por todas sus palabras llenas de enseñanza, así como el cariño y aprecio que me brindan, por todas aquellas veces que me ofrecieron y dieron su apoyo infinitamente gracias, siempre lo tendré en mente.

A mi novia Mari Luna, tú que siempre me compartiste pensamientos positivos y me motivabas a seguir adelante siempre viendo hacia enfrente, te lo agradezco con mucho amor.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS	3
1.1.1 Objetivo general	3
1.1.2 Objetivos particulares.....	3
1.2 HIPÓTESIS	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Origen geográfico y genético del trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.)	4
2.2 Descripción agronómica de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.).....	5
2.3 Descripción morfológica de <i>Lotus corniculatus</i> L.	7
2.4 Factores climáticos que afectan el crecimiento y producción de forrajes	11
2.4.1 Radiación solar.....	11
2.4.2 Temperatura	12
2.4.3 Humedad	13
2.5 Factores edáficos que afectan el crecimiento y producción de forraje.....	14
2.5.1 Suelo.....	14
2.5.2 Fertilidad.....	14
2.5.3 pH	15
2.6 Factores que afectar el rebrote de los forrajes.....	16
2.6.1 Índice de área foliar.....	16
2.6.2 Meristemas de crecimiento	17
2.6.3 Reservas de carbohidratos	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1 Descripción del área experimental.....	20

3.2 Condiciones climatológicas durante el estudio.....	20
3.3 Diseño experimental.....	21
3.4 Material genético	22
3.5 Variables medidas y calculadas.....	22
3.5.1 Rendimiento de materia seca (g MS planta ⁻¹).....	22
3.5.2 Composición botánica - morfológica	22
3.5.3 Relación hoja: tallo.....	23
3.5.4 Peso de hoja por tallo (g MS hoja tallo ⁻¹)	23
3.5.5 Peso de tallo individual (g MS tallo ⁻¹)	24
3.5.6 Altura de la planta (cm).....	24
3.5.7 Área foliar por tallo (AF tallo ⁻¹).....	24
3.6 Análisis estadístico	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1 Rendimiento de materia seca (g MS planta ⁻¹)	26
4.2 Composición botánica - morfológica.....	27
4.3 Relación hoja:tallos (R:H/T) y su relación con el peso de hoja (g MS hoja tallo ⁻¹) y tallo (g MS tallo ⁻¹)	32
4.4 Producción de hoja por tallo individual (g MS hoja tallo ⁻¹)	34
4.5 Peso por tallo individual (g MS tallo ⁻¹).....	35
4.6 Altura de planta (cm)	37
4.7 Área foliar por tallo (AF tallo ⁻¹)	38
VI. LITERATURA CITADA.....	42
VII. ANEXOS	52

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estimaciones de nitrógeno ¹ fijado para los rendimientos promedio de forraje en un segundo año ²	11
Cuadro 2. Análisis de varianza de rendimiento de materia seca (g MS planta ⁻¹), de tres genotipos de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.), cosechados a diferente edad de rebrote, en la estación de primavera 2019.	52
Cuadro 3. Análisis de varianza de la relación hoja:tallo y su relación con el peso de hoja y tallo de tres genotipos de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.), cosechados a diferente edad de rebrote, en la estación de primavera 2019.	53
Cuadro 4. Análisis de varianza de producción de hoja por tallo (g MS hoja tallo ⁻¹) de tres genotipos de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.), cosechados a diferente edad de rebrote, en la estación de primavera 2019.	54
Cuadro 5. Análisis de varianza del peso de tallo (g MS tallo ⁻¹) de tres genotipos de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.), cosechados a diferente edad de rebrote, en la estación de primavera 2019.	55
Cuadro 6. Análisis de varianza de la altura de la planta (cm) de tres genotipos de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.), cosechados a diferente edad de rebrote, en la estación de primavera 2019.	56
Cuadro 7. Análisis de varianza del área foliar del tallo (cm ² AF tallo ⁻¹) de tres genotipos de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.), cosechados a diferente edad de rebrote, en la estación de primavera 2019.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción anual (kg MS/ha ⁻¹) según especie, cultivar y edad de la pradera (INASE, 2004).	7
Figura 2. Partes vegetativas y reproductivas de diferentes especies de <i>Lotus</i> (Caràmbula y Bermúdez, 1998).	8
Figura 3. Morfología de <i>Lotus corniculatus</i> L. (Ayala, W. y Caràmbula, M. 2009).	8
Figura 4. Sistema radicular de una planta madura de <i>Lotus corniculatus</i> (Altier, 1997).	10
Figura 5. Temperaturas máximas, medias y mínimas durante el periodo de estudio (4 de mayo al 22 de junio del 2019).	21
Figura 6. Rendimiento de forraje (g MS planta ⁻¹) de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.), a diferente edad de rebrote durante la estación de primavera, 2019.	27
Figura 7. Cambios morfológicos de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.), genotipo 226796, cosechado a diferentes semanas de rebrote, en la estación de primavera, 2019.	29
Figura 8. Cambios morfológicos de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.), genotipo 255201, cosechado a diferentes semanas de rebrote, en la estación de primavera, 2019.	30
Figura 9. Cambios morfológicos de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.), genotipo 232098, cosechado a diferentes semanas de rebrote, en la estación de primavera, 2019.	31

Figura 10. Rendimiento de forraje (g MS tallo ⁻¹), y relación hoja: tallo de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.), a diferente edad de rebrote durante la estación de primavera, 2019.	33
Figura 11. Producción de hoja por tallo (g tallo ⁻¹), de <i>Lotus corniculatus</i> L., a diferente edad de rebrote según número de muestreo.....	35
Figura 12. Producción por tallo (g tallo ⁻¹), de <i>Lotus corniculatus</i> L., a diferente edad de rebrote según número de muestreo.	36
Figura 13. Altura de la planta (cm), de <i>Lotus corniculatus</i> L., a diferente edad de rebrote según número de muestreo..	38
Figura 14. Área foliar por tallo (cm ² tallo ⁻¹), de <i>Lotus corniculatus</i> L., a diferente edad de rebrote según número de muestreo.....	39

I. INTRODUCCIÓN

Las leguminosas son importantes sobre todo en cultivos mixtos, debido a su habilidad para fijar nitrógeno atmosférico mediante simbiosis con bacterias del género *Rhizobium* y por incrementar el valor nutricional en la pradera (Barrientos *et al.*, 2002). La fijación biológica de nitrógeno en los cultivos de leguminosas o mixtos, resulta cada vez más importante dado que nos permite desarrollar una producción agrícola más económica y sostenible. Por lo anterior, Sosa *et al.* (2008) mencionan que, una de las formas de incrementar la productividad del ganado es a través de la introducción de leguminosas forrajeras, dado su alto potencial de producción, calidad de forraje, persistencia y adaptación. Estas, al fijar nitrógeno al suelo pueden beneficiar a los pastos con las que se les asocie, proporcionando alimento de gran calidad para el ganado. El contenido de proteína y de minerales de las leguminosas es muy superior al de las gramíneas, llegando a tener concentraciones superiores de 22 % en base seca, en comparación con especies de gramíneas forrajeras (Escuder, 1980), aunque se sabe que las primeras también presentan variaciones al compararse entre regiones secas y húmedas (García-Ferrera *et al.*, 2015). De igual modo la digestibilidad de los nutrientes tiende a ser mayor en los forrajes de zona templada *versus* forrajes tropicales, sin embargo, la composición química de los forrajes varía dependiendo del estado fenológico de la planta, área geográfica y adición de fertilizantes (Ventura *et al.*, 2019).

En México existe gran número de leguminosas forrajeras adaptadas a zonas templadas, debido a esto, especies relativamente nuevas como lo es trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), ha recibido poca atención por los productores agrícolas. Sin embargo, en Europa, Asia Menor, Norte de África, Norte América y Sudamérica, el uso de esta leguminosa ha dado buenos resultados (García y Jeffrey, 2003). El trébol pata de pájaro es una especie perenne con buen potencial de producción forrajero, viéndose favorecido su crecimiento en la estación primavera-estivo-otoñal, esta planta posee gran valor nutritivo por la presencia de taninos condensados y además no produce timpanismo cuando se consume en fresco por el ganado (Saravia *et al.*, 2014;

García y Jeffrey, 2003). Esta especie es sensible a la intensidad y frecuencia de los pastoreos, viéndose favorecida con pastoreos controlados. Se puede decir que la mayor producción ocurre en el ciclo de primavera, seguida de verano (Rebuffo, 1991). Los taninos condensados de *Lotus* son de bajo peso molecular, con un alto grado de reactividad con las proteínas, por lo tanto, son altamente eficientes en incrementar la disponibilidad de aminoácidos a nivel intestinal (Risso *et al.*, 1995). Al respecto, Ayala y Carámbula, (2009) mencionan que, bajas intensidades de luz inhiben el crecimiento foliar y radicular de *Lotus corniculatus* L. Dada la diversidad de nuestro país, variabilidad en suelos y climas y la alta demanda de forraje en los sistemas de producción pecuaria y la escasa información que se tiene de esta especie en el mundo y en México, se considera importante evaluar el comportamiento de esta especie y generar información relevante en cuanto a su comportamiento fisiológico y propiedades químicas que ayuden a usar esta fuente forrajera en explotaciones ganaderas de nuestro país. En base a lo anterior, el objetivo del presente experimento fue evaluar la productividad del trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), de tres genotipos 226796, 255301 y 232098 a diferentes edades de rebrote en el ciclo de crecimiento de primavera.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

- ❖ Evaluar la productividad de tres genotipos de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), a diferentes edades de rebrote en la estación de primavera 2019, bajo condiciones de invernadero.

1.1.2 Objetivos particulares

- ❖ Evaluar el rendimiento de forraje, relación hoja: tallo, producción de hoja por tallo, peso de tallo, altura, y área foliar en la especie *Lotus corniculatus* L., bajo condiciones de invernadero.
- ❖ Determinar el comportamiento de la composición botánica y morfológica de tres genotipos de trébol pata de pájaro, bajo condiciones de invernadero en un intervalo de corte semanal en la estación de primavera.

1.2 HIPÓTESIS

- ❖ Al menos uno de los genotipos mostrará mejor comportamiento productivo.
- ❖ Conforme la edad de la planta aumenta el comportamiento de los genotipos es mejor.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen geográfico y genético del trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.)

Dentro del género *Lotus* la especie más conocida es *Lotus corniculatus* L. esta leguminosa se ha utilizado como cultivo forrajero en Europa por más de 200 años y ha sido reconocido por casi 300 años (Dear *et al.*, 2003). El género *Lotus* es nativo del Mediterráneo, está ampliamente distribuido en todo el mundo con especies adaptadas a muchos tipos de estrés ambientales y condiciones del suelo donde otras leguminosas forrajeras de uso común, como alfalfa (*Medicago sativa* L.) o trébol blanco (*Trifolium repens* L.), no puede prosperar (Striker *et al.*, 2005). Actualmente su uso se ha extendido a países como EEUU, Australia, Argentina y Chile, con alrededor de 500,000 has en pasturas bastante prolíficas (Canals *et al.*, 2009). Aunque a veces a se define que tiene poblaciones diploides, la evidencia bioquímica y genética indica que es un alotetraploide.

Aunque se ha propuesto algunas especies diploides como ancestrales de *L. corniculatus*, la evidencia demuestra fuertemente a cuatro de estas especies (Grant *et al.*, 1996). También menciona que *Lotus uliginosus* comparte un hábito rizomatoso y una característica de tanino con *L. corniculatus*, que muestra claramente una relación estrecha y refleja la posibilidad de que sea una de las dos especies parentales directas. Los principales candidatos para un segundo padre incluyen a *Lotus alpinus*, *Lotus japonicus* y *Lotus tenuis*. Se tiene que *L. corniculatus* surgió como un híbrido de *L. tenuis* y *L. uliginosus*. El color de la flor en los híbridos entre *L. uliginosus* y *L. tenuis* sugieren herencia materna y que *L. tenuis* podría haber sido el padre. Una secuencia evolutiva sugiere que *L. uliginosus* hibridó con *L. tenuis* seguido de introgresión de *L. alpinus* y *L. japonicus*. Alternativamente, un prototipo de *L. alpinus*, *L. japonicus*, y *L. tenuis* pidiendo haber sido el progenitor femenino de *L. corniculatus*, basado en la evidencia de la herencia materna de la intensidad del color de la flor y las interacciones de *Rhizobium* (Escaray *et al.*, 2012).

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

Lotus corniculatus L., es una especie perenne de temporada cálida, que se utilizan regularmente para aumentar la producción en pasturas con suelos pobres y pastizales naturales (Dear *et al.*, 2003). Las plantas tienen habilidad de repoblarse anualmente de forma parcial y/o continua, realmente las plantas no son longevas (2 a 3 años), tienen habilidad de sobrevivir y tolerar pastoreo severo incluso en suelos con drenaje imperfecto, puede resistir inviernos intensos y además un buen desempeño productivo durante la temporada de primavera – verano (Ayala y Caràmbula, 2009). Se adapta a un amplio rango de suelos, en particular ácidos, poco fértiles, secos y drenaje pobre (Douglas y Foote, 1993). Presentan tolerancia al exceso de agua en el suelo durante el invierno y con malas condiciones de drenaje del suelo (Barta, 1986). Crecen bien en suelos de baja fertilidad, con problemas de disponibilidad de P y K especialmente, sin requerir de altas aplicaciones de éstos y otros elementos (Charlton, 1983). De acuerdo con, García (1981) se adapta bien a suelos profundos arenosos o pesados, así como a suelos ácidos desgastados y pobres en minerales como el fósforo. Teniendo una adaptación a suelos hidromórficos ambigua, lo que para algunos autores la adaptación es buena, para otros es escasa si se tiene condiciones de drenaje imperfecto. Teniendo que este tipo de condiciones se dé una mayor probabilidad de ocurrencia de enfermedades de la corona y de la raíz que limita la persistencia de las plantas (Smethan, 1981). El ciclo de producción de semilla está principalmente marcado en otoño e invierno mediante una resiembra natural, por la apertura de vainas maduras a finales de primavera y durante el verano (Ayala y Caràmbula, 2009). Se ha destacado como una especie forrajera deseable, por su capacidad de llenar un nicho no ocupado por otros forrajes. Es comparable a alfalfa, en el valor del alimento por su proteína de excelente calidad, de alrededor de 17.7 a 21.6 % (Marley *et al.*, 2006).

Trébol pata de pájaro, se diferencia de las leguminosas forrajeras tradicionales como *Medicago spp.* y *Trifolium spp.*, por su capacidad de acumular compuestos fenólicos, especialmente proantocianidinas, también conocidos como taninos

condensados (CT) en hojas, lo que hace que no cause timpanismo en los animales en pastoreo. Puede proporcionar un tipo de forraje que sirve como un complemento a otras legumbres forrajeras en lugar de un reemplazo (Panagiota *et al.*, 2015). Es una leguminosa ampliamente distribuida por el mundo con un alto valor nutritivo, similar o incluso más alto que el de *Medicago spp.* y *Trifolium spp.* (Escaray *et al.*, 2012). La presencia de Taninos Condensados (TC), como sustancias de naturaleza compleja con capacidad de reaccionar con macromoléculas y proteínas del forraje, según su concentración, estructura química y peso molecular. Estas se encuentran comúnmente en las especies forrajeras de la zona templada utilizadas en los sistemas de producción pastoril. La concentración en estas especies es muy variable: 0.01 a 10 % de la materia seca (MS). Sin embargo, en un rango de concentración de 2-4 % de la MS, producen cambios a nivel nutricional productivo y sanitario en los animales que los consumen en sus dietas. Por otra parte, se sabe que *Lotus corniculatus* ha provocado mejoras en aspectos productivos (aumentos en la ganancia de peso) y sanitarios cuando intervienen los taninos, debido probablemente a una mayor disponibilidad proteica (Otero e Hidalgo, 2004); también contiene menos celulosa y más carbohidratos no estructurales logrando tener una mayor digestibilidad para los animales (Grant, 2009).

Por otra parte, se ha demostrado que el tamaño de la planta, no solo tiene un efecto directo sobre la fecundidad individual de la planta, sino que también puede influir en el tiempo de floración y, por lo tanto, afectar indirectamente el rendimiento reproductivo. (Ollerton, J. y Lack, A. 1998). Como se presenta en la figura 1, las producciones de forraje (kg MS ha^{-1}) de esta especie, puede ser diferente entre especies de *Lotus* y entre años de producción, alcanzando el máximo en un segundo ciclo entre 9,000 y 10,000 kg MS ha^{-1} , en especies de *Lotus corniculatus* var. San Gabriel y menores en cultivares de *Lotus glabra* var. La angostura entre 2,000 y 3,000 kg MS ha^{-1} en un primer año de producción (INASE, 2004).

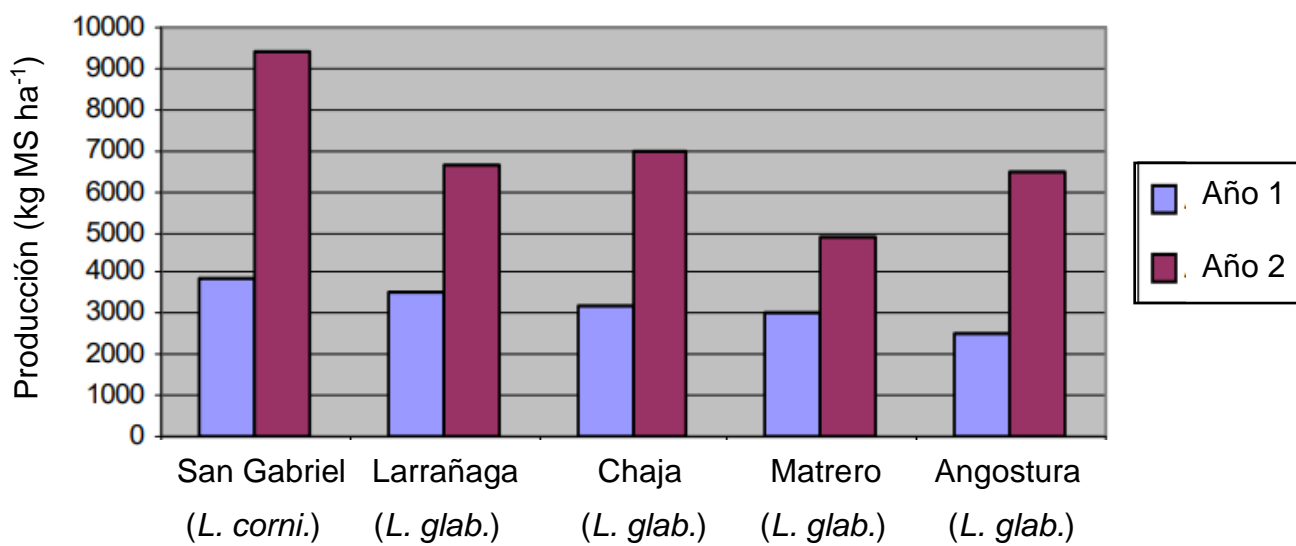


Figura 1. Producción anual (kg MS ha⁻¹) según especie, cultivar y edad de la pradera (INASE, 2004).

2.3 Descripción morfológica de *Lotus corniculatus* L.

Las especies de este género pertenecen a la familia de las leguminosas, subfamilia papilinoidea y tribú loteae, tienen un crecimiento a partir de corona (hábito de crecimiento), hojas formadas por tres folíolos y dos estípulas de forma similar a los folíolos (aspecto de pentafoliada), la primera hoja que emerge es trifoliada, los tallos pueden presentar porte erecto, decumbente o postrado, pudiendo ser glabros hasta pubescentes. Flores amarillas, en ocasiones con coloración rojiza, agrupadas en glomérulo umbeliforme de pocas flores en el extremo de un pedúnculo mayor que la hoja sobre la que nace, legumbre recta y cilíndrica, de hasta 4 cm (Silveira, 2005). En la figura 2, se muestran diferentes componentes morfológicos como, hoja, inflorescencia y tipos de frutos de diferentes especies del género *Lotus*.



Figura 2. Partes vegetativas y reproductivas de diferentes especies del género *Lotus* (Caràmbula y Bermúdez, 1998).

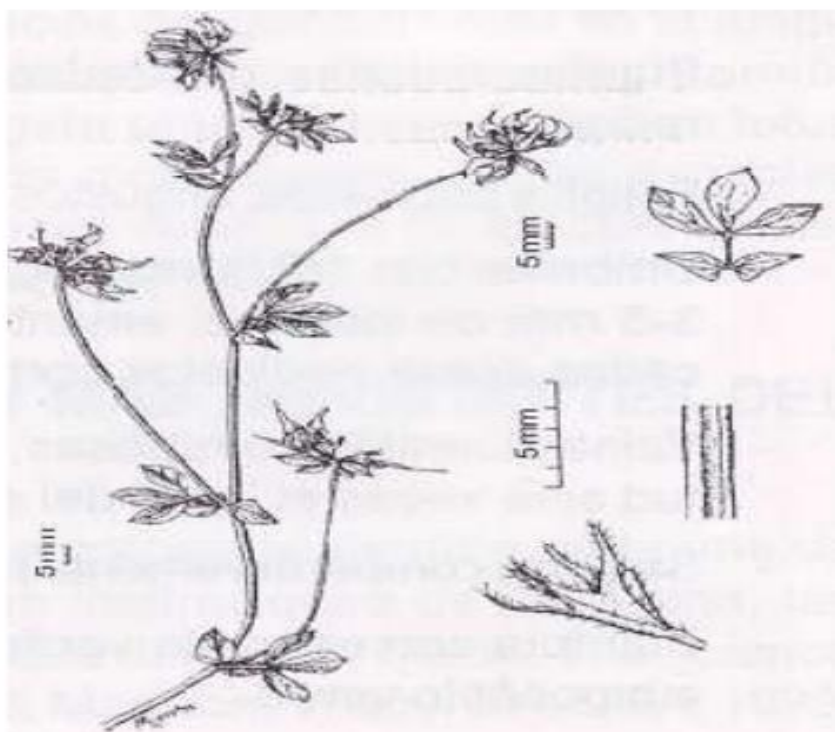


Figura 3. Morfología de *Lotus corniculatus* L. (Ayala, W. y Caràmbula, M. 2009).

La mayoría de los cultivares son erectos y crecen hasta una altura de 60 a 90 cm. Los tallos son delgados, bien ramificados y son moderadamente frondosos. Las hojas son lisas, la flor está en espirales al final de los tallos en flor. Cuando maduran las vainas las semillas se tornan marrones y se extienden hacia afuera desde el tallo lo que hace parecer una pata de pájaro. La planta permanece verde y succulenta durante y después de la maduración de la semilla (USDA, 2002). Posee un sistema radicular vigoroso de profundidad intermedia entre el trébol rojo y alfalfa, teniendo una raíz pivotante con ramificaciones laterales, que le confieren una gran resistencia a las deficiencias hídricas (Zanoniani y Ducamp, 2004). Su extenso sistema radicular le permite adaptarse a una amplia gama de suelos, destacando ser la especie con mayor valor para reemplazar a la alfalfa, en suelos más ácidos, en los cuales la producción en forraje de esta última disminuye. Por esto, la longevidad de sus raíces, características morfológicas y fisiológicas, una planta de la planta madura de *Lotus* posee, las siguientes características (Altier, 1997; Figura 4):

- ❖ Un sistema radicular con una raíz principal bien desarrollada con numerosas ramificaciones o raíces laterales.
- ❖ Corona que conecta la raíz con la parte aérea de la planta, en la cual contiene yemas que originan los tallos.
- ❖ La parte aérea, consiste en numerosos tallos ramificados que dan origen a hojas e inflorescencias.



Figura 4. Sistema radicular de una planta madura de *Lotus corniculatus* (Altier, 1997).

Por lo anterior, la morfología y fisiología de la raíz y corona, determinan en gran parte la adaptación de las plantas de *Lotus* a diferentes condiciones de suelo y manejo. Maximiza su productividad y la tolerancia a condiciones de estrés como sequía, frío, pastoreos, enfermedades y plagas. La corona cumple con el rol en la movilización de los carbohidratos de reserva hacia los lugares de crecimiento activo. En ella se localizan las yemas que dan origen a los tallos, por lo que su integridad resulta esencial para la sobrevivencia de la planta. En comparación con las raíces, la corona está más expuesta lo que la hace particularmente vulnerable a las mismas (Altier, 1997). Por otra parte, la raíz no sólo cumple la función de absorción de agua y nutrientes, sino que también constituye el lugar de almacenaje de sustancias de reserva, esenciales para el rebrote después de pastoreos o cortes. Juega además un papel importante en el proceso de fijación biológica de nitrógeno en asociación simbiótica con los *Rhizobium* (Meléndez G. y Molina E., 2001). Toda esta morfología de la especie, ha permitido que esta adquiera características similares a otras especies forrajeras, en aspectos de producción, fijación de Nitrógeno atmosférico y la producción de MS referente al nitrógeno fijado (García *et al.*, 1994; Cuadro 1)

Cuadro 1. Estimaciones de nitrógeno¹ fijado para los rendimientos promedio de forraje en un segundo año².

Especie y variedad	Forraje (ton MS ha ⁻¹)	N fijado (kg ha ⁻¹)	Eficiencia (kg N-ton ⁻¹ MS)
<i>Trifolium repens</i> - Zapicàn	7.5	229	31
<i>Lotus corniculatus</i> - Ganador	8.3	226	27
<i>Trifolium pratense</i> - LE 116	8.8	308	35
<i>Medicago sativa</i> - chanà	11.6	366	32

1. Estimaciones de los parámetros simbióticos para trébol blanco (*Trifolium repens* L.) y *Lotus*, promedio de 5 años (1984-1990); para trébol rojo y alfalfa en un experimento (1989.1990).

2. Promedio para el periodo 1976-1990.

Fuente: García *et al.* (1994).

2.4 Factores climáticos que afectan el crecimiento y producción de forrajes

2.4.1 Radiación solar

Factores como la radiación solar, CO₂, minerales, agua y temperatura afectan procesos de fotosíntesis, absorción de nutrientes y desarrollo de las plantas, determinando la productividad (Nurjaya y Tow, 2001). Al estudiar los efectos de la radiación solar en las plantas, se resaltan dos aspectos principales que se deben evaluar: la cantidad de radiación solar recibida, así como la duración del día. Aunque la radiación total solar está relacionada con la duración del día, esta ejerce efectos importantes en las plantas, que son independientes de la radiación total diaria (Jones, 1982). Las especies con una vía fotosintética C₃ alcanzan un nivel de saturación de luz con un 30 o 50 % de la iluminación solar, poniendo como ejemplo al trébol rojo (*Trifolium pratense* L.), su tasa de crecimiento es menos afectada que la de la alfalfa, cuando la radiación disminuye, ya que esta crece con un 15 % del total de la luz solar,

en tanto que, las C4 no se saturan ni siquiera con una exposición solar total, lo cual está relacionado con la producción del forraje (Jones, 1982).

El dosel vegetal de las praderas, adecuadamente irrigadas y con disponibilidad adecuada de nutrientes, pocas veces se encuentra saturado por la luz solar (Ludlow, 1980). En tales condiciones, se puede esperar una respuesta a un incremento en la radiación solar. En este caso, esas pasturas muestran también una disminución de crecimiento en la parte aérea, así como en las raíces, cuando están bajo la sombra (Eriksen y Whitney, 1982). Esta respuesta solo es válida para las gramíneas y leguminosas. Sabater (1978), menciona que cuando la radiación solar es de alta intensidad la planta inutiliza una gran cantidad de energía solar o, dicho de otra forma, la planta no parece estar preparada para aprovechar la luz de mucha intensidad.

2.4.2 Temperatura

La tasa de crecimiento de cualquier especie forrajera, es más sensible a la temperatura ambiental, comparado con la tasa de fotosíntesis y respiración, esto es debido a que la temperatura ambiental interviene en la aparición y expansión de la lámina foliar, aparición y muerte de tallos y estolones, y el crecimiento radical por lo que las especies forrajeras logran su mayor producción de biomasa cuando se encuentran sus rangos óptimos de temperatura (McKenzie *et al.*, 1999). Mayor temperatura, se traduce en una mayor velocidad de fotosíntesis, aunque la ventaja se vea restringida por la intensidad respiratoria, y mayor consumo de alimentos. Finalmente, la saturación con baja intensidad luminosa, se debe a que hay un factor limitante, la concentración de CO₂ en la atmósfera, de forma que la planta responde poco al crecimiento (Sabater, 1978).

Morales *et al.* (2006) mencionan que en general, aumentos de temperatura en el rango de 0 a 30° C, favorecen la apertura estomática de las plantas. Los efectos a los cambios de temperatura, se deben a la influencia de esta misma, sobre los mecanismos de respuesta del CO₂, así pues, a temperaturas moderadas, se

incrementa la transpiración y a temperaturas superiores, favorecen el cierre de las estomas. El incremento de las temperaturas, por encima de los niveles normales para el buen desarrollo de las plantas, provoca deformaciones en sus órganos reproductores. Por esto, el estrés del calor es uno de los principales factores que limitan el crecimiento de muchas especies de plantas y áreas de cultivo y por ende, la supresión de crecimiento se relaciona con cambios en los procesos fisiológicos, incluyendo las relaciones hídricas (Mazorra *et al.*, 2002).

2.4.3 Humedad

Frecuentemente, la adaptación a ambientes secos, se asocia con la resistencia a elevadas temperaturas, debido a que este cambio en la planta, provoca una baja transpiración, ya que, los climas secos suelen ser también más cálidos (Morales, 2006). El desarrollo en un ambiente seco, la planta ajusta su contenido de humedad reduciendo la fotosíntesis en primer lugar, luego el tamaño de la hoja, la velocidad de aparición de las hojas y finalmente aumentado la proporción de hojas muertas (Johns, 1978). Estos mecanismos se desarrollan generalmente en condiciones de campo, con temperaturas mayores a 30 °C y con un bajo contenido de humedad en el suelo. Como las estomas de la hoja, generalmente no controlan la pérdida de humedad, la circulación a través de los pecíolos, podría ser un mecanismo que explique la muerte de la hoja cuando se desarrolla un período seco (Aparicio -Tejo *et al.*, 1980). El enraizamiento de las plantas, alrededor de los nudos, es afectado negativamente, cuando el suelo está seco, lo cual puede afectar la sobrevivencia de las plantas en condiciones de campo. Por otro lado, el exceso de humedad, resulta en sistemas radiculares más superficiales, el cual luego de un período seco, podría afectar adversamente la sobrevivencia de las plantas, al no poder extraer agua de los horizontes más profundos del suelo (Jones, 1980).

2.5 Factores edáficos que afectan el crecimiento y producción de forraje

2.5.1 Suelo

Las plantas forrajeras, dependen del suelo como medio para el crecimiento, del cual demandan soporte mecánico, agua y nutrimentos, los cuales son requeridos en proporciones adecuadas para un rendimiento satisfactorio (Jiménez y Mármol, 2005). Cualquier factor intrínseco (asociado al origen del suelo) o extrínseco (asociado a la zona climática o posición dentro del paisaje en el cual se ubica el suelo) que impida o restrinja el cumplimiento de las funciones del suelo relacionadas con el crecimiento de las plantas, se le denomina restricción o factor limitante, de los cuales los más resaltantes son compactación, erosión, déficit de humedad, deficiencias de drenaje, deficiencias de nutrientes y prácticas de manejo. En cuanto a esto, trébol pata de pájaro se desarrolla para suelos moderadamente fértiles con drenaje interno relativamente pobre, profundo, bien drenado. Se desempeña bien en suelos muy poco profundos o demasiado mal drenado para la alfalfa (USDA, 2002).

2.5.2 Fertilidad

Con frecuencia, las investigaciones indican incremento en los contenidos de carbono orgánico, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, en el suelo de pastizales con árboles. Demostrando que diferentes componentes arbóreos mejoran marcadamente el reciclaje de los nutrientes (Crespo, 2008). En Costa Rica demostraron que el sistema de cultivos acompañantes, durante 19 años ininterrumpidos, capturó mayor cantidad de CO₂ en la vegetación y recogió mayor cantidad de carbono en el suelo, con respecto al sistema con gramíneas en monocultivo. Esa mayor asimilación de CO₂ en el sistema, se debe a la mayor entrada de Carbono, procedente de los residuos de cosecha, así como a las hojas y a las ramas de los árboles (Oelbermann e Ibrahim, 2006).

Generalmente, la disminución del componente arbóreo en las zonas ganaderas trae como consecuencia la reducción del reciclaje de los nutrientes, así como la disminución del área de sombra, lo que produce condiciones ambientales adversas para el comportamiento animal y la fertilidad de los suelos (Iriando *et al.*, 1998). En el caso de *Lotus corniculatus* L., tiene la capacidad de fijar y ceder nitrógeno, lo cual es una fuente costosa de minerales para los sistemas de producción (Silveira, 2011). También está recomendada a suelos desgastados y pobres en minerales como fósforo (García, 1991).

2.5.3 pH

El pH del suelo, es un factor importante, ya que influye en la población microbiana, así como en la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio, entre otros (Bockheim, 1991), considerándose que la mayoría de los nutrimentos están disponibles para las plantas a los pH de 6.5 a 7.5 (Tamhane *et al.*, 1986). Sin embargo, la intervención del hombre induce cambios importantes en el pH edáfico; así, en los suelos en los que se han extraído minerales con su posterior acumulación en la superficie, el pH se modifica notablemente (Malajczuk *et al.*, 1994).

La acidificación de los suelos reduce el crecimiento de las plantas, por la disminución de la disponibilidad de algunos minerales, lo que favorece la solubilidad de elementos tóxicos en el suelo, normalmente la toxicidad por aluminio es el principal factor, con efectos directos en el metabolismo de las plantas, incluyendo una interferencia con la transferencia de iones y agua a través de las membranas celulares de la raíz, así obstruyendo la alimentación de nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas, además, las raíces se acortan y engrosan, afectando posteriormente la habilidad de la planta en la absorción de agua y de nutrientes, particularmente fosfato (Rivera *et al.*, 2018).

Dado que, existen diferentes tipos de suelo en el mundo cada uno de ellos se diferencia por sus propias características en cuanto a los nutrientes que posean, lo

que creará o no las condiciones necesarias para el desarrollo de las especies de plantas que en él crezcan. El mejor rango de pH para el establecimiento del trébol pata de pájaro es de 6.0 a 6.5 aunque tolera un rango de pH más amplio de 5.5 a 7.5. (USDA, 2002). Por otro lado, dentro del género, la especie probablemente más adaptada a la acidez del suelo es *Lotus pedunculatus* que ha crecido satisfactoriamente en valores de pH entre 4,5 y 5,5 (Smethan, 1981).

2.6 Factores que afectan el rebrote de los forrajes

2.6.1 Índice de área foliar

El índice de área foliar (IAF), nos proporciona información acerca de la cantidad de superficie fotosintética, presente con relación a la superficie total del ecosistema o área de estudio y se relaciona con procesos vitales como la fotosíntesis, la respiración y la productividad. Puesto que son las estructuras foliares las que interceptan la luz solar, estas regulan la cantidad de luz que va penetrando a niveles más bajos del dosel, mismas que a su vez, controlan los procesos eco fisiológicos foto-dependientes de la vegetación (Aguirre-Salado *et al.*, 2011). En genotipos de hoja grande, se ha registrado un área foliar hasta dos veces mayor que en genotipos de hoja chica, invirtiendo en aquellos más en el crecimiento de la planta que en la acumulación de reservas (Malinowsky *et al.*, 1998).

La relación entre la superficie cubierta por las hojas y la superficie del suelo (índice de área foliar), establece un parámetro muy importante en especies forrajeras, ya que es la parte aérea la que capta la radiación solar y condiciona a la fotosíntesis (Ugarte, 2014). El índice de área foliar depende de distintos factores como:

- ❖ El tamaño individual de las hojas.
- ❖ El número de macollos o ramificaciones.
- ❖ El número de hojas presentes en cada macollo o ramificación.
- ❖ La disponibilidad de nitrógeno y agua.

❖ La longevidad de los órganos foliares.

Como resultado de dichas interacciones, el área foliar variará conforme a procesos hidrológicos, biogeoquímicos y biofísicos (Peduzzi *et al.*, 2012). De la misma manera, el reclutamiento de nuevas plantas en un sitio y su crecimiento y distribución espacial y temporal va a verse afectados directamente por la cantidad de tejido foliar en el dosel que intercepte la luz solar e intercepte y transpire el agua (Moser *et al.*, 2007).

2.6.2 Meristemas de crecimiento

Las plantas forrajeras, se diferencian de otros vegetales herbáceos, por la gran capacidad para rebrotar luego de la eliminación de una importante porción de su biomasa aérea, mediante un corte o pastoreo. Esta cualidad obedece a la presencia de distintos mecanismos especializados denominados meristemas de crecimiento, que pueden actuar en forma independiente o combinados entre sí. Luego del corte o pastoreo, los mecanismos suministran energía a las plantas por distintas vías: a partir de reservas acumuladas previamente y de áreas con capacidad fotosintética o área foliar remanente capaz de sintetizar energía para el rebrote (Marchegiani, 1985). Los puntos de crecimiento o meristemas, permanecen relativamente alejados del alcance del animal durante una gran parte de sus ciclos productivos. En *Lotus corniculatus* las yemas de interés para el rebrote se sitúan en la corona, y a diferencia con otras especies, en la base de los tallos (Marchegiani, 1985). La defoliación que mejor se adapta, implica realizar pastoreos poco intensos, para no consumir yemas de la base de los tallos, conservando área foliar remanente. La frecuencia de defoliación debería ser de intermedia a larga. Favorecer la resiembra de esta especie, puede resultar una estrategia a emplear para aumentar la población y en algunos casos su persistencia en las pasturas. Zanoniani y Ducamp (2004), mencionan que al igual que la mayoría de las especies forrajeras, un manejo intenso en otoño, que permita la luz de entrada a horizontes más profundos cuando mejoran las condiciones climáticas, posibilita nuevas plantas y rebrotes desde la corona. Otras especies de mayor tolerancia se

caracterizan por mantener sus puntos de crecimiento cercanos a la superficie del suelo, presentar una alta tasa de regeneración de hojas o contar con yemas adventicias. Un punto que debemos tener en cuenta es que una defoliación no sólo implica la pérdida de hojas, sino que también engloba otras acciones que afectan a las plantas como: el pisoteo, la selección de especies (madurez de los tejidos comidos) y el aporte de deyecciones en superficies reducidas (Chapman y Robson, 1992).

2.6.3 Reservas de carbohidratos

Uno de los estudios básicos es la caracterización del rebrote a partir de las distintas formas que tienen las plantas, por ejemplo, el comportamiento post defoliación difiere entre especies que forman matas como en muchas gramíneas como, *Setaria* y aquellas que colonizan nuevos espacios libres, a partir de estolones o guías, como las *Grama Rhodes*, Trébol blanco o las que rebrotan a partir de yemas ubicadas en estructuras denominadas “corona”, como es el caso la Alfalfa (Ugarte, 2014). En este mismo sentido, la planta restringe las fuentes de carbono en condiciones de estrés, provee también buenas cantidades en buenas condiciones de crecimiento. En la medida que hay más carbono disponible, mayor será la posibilidad de incrementar el número de tallos, los cuales comienzan produciendo primero su propio sistema fotosintético a expensas del carbono exportado de las hojas y estolones parentales, y luego formando el sistema radicular. Los tallos se vuelven casi independientes y utilizan solo una pequeña o nula cantidad de carbono del sistema parental (Olmos, 2004). Teniendo en cuenta la importancia del área foliar para la persistencia de las plantas, surge dos grupos de forrajeras que presentan mecanismos de resistencia, estas características morfológicas pueden ser, por ejemplo: la presencia de tejidos duros o engrosados, presencia de ceras en la superficie de la hojas o sílice, plantas de crecimiento rastrero, y la generación de compuestos bioquímicos que reducen la palatabilidad (aceites de olor o sabor desagradable) (Turner y Pollock, 1998).

Los efectos de la defoliación o el corte producen un patrón similar de respuesta al sombreado en la planta. El cambio en la tasa fotosintética produce diferencias en el balance del carbono, y dependiendo en cuan intenso sea el efecto, el mismo podría cambiar la cantidad de carbono destinada a diferentes partes de la planta, determinando prioridades en la localización de los asimilados. La primera restricción al patrón de distribución de asimilados, ocurre con el carbono destinado a las raíces, en segundo lugar, hacia los estolones, luego en ramas y en el caso más extremo dando absoluta prioridad al punto de crecimiento en el ápice del estolón (Chapman y Robson, 1992).

Turner y Pollock (1998), reportaron un incremento en la acumulación de carbohidratos en los órganos de reserva durante el otoño y la disminución de los mismos durante el invierno y al principio de la primavera. La acumulación de carbohidratos varió entre diferentes variedades, siendo los materiales que acumularon más carbohidratos mostraron una mayor tolerancia al frío, que los que no lo hicieron. Según Silveira (2011), la velocidad del rebrote post-pastoreo, es más rápida cuanto mayor es la población de tallos aéreos presentes con ápices intactos. En condiciones de manejos más intensos, pero poco frecuentes, (acopio de sustancias de reservas) el rebrote producido a partir de los tallos de los rizomas puede ser bastante inmediato. Las cantidades mínimas de reservas se registran desde fines de primavera y verano, esto debido a la utilización de las mismas en la formación de nuevos tallos en los rebrotes. Las cantidades de hidratos de carbono son máximas (reservas) en otoño, los cuales son utilizados como sustratos respiratorios para la supervivencia de órganos subterráneos durante el invierno e inicios de la primavera.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área experimental

El estudio se llevó a cabo durante el ciclo de primavera de 2019, en el área experimental del invernadero del Departamento de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Unidad Saltillo, en el estado de Coahuila, México, con las siguientes coordenadas 25° 23'12.7" de Latitud Norte, 101° 00' 9.8" de Longitud Oeste y altitud de 1783 m. El clima es clasificado como templado semi-seco, con temperaturas máximas superiores a los 18 °C y menores a los 0 °C, con inviernos extremos. La precipitación media anual de 340 mm (Climate-Data-org, 2010).

3.2 Condiciones climatológicas durante el estudio

Las temperaturas promedio máximas y mínimas del aire semanales, durante el periodo experimental, se obtuvieron de la estación meteorológica del departamento de Agrometeorología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizada a 1 km del área experimental, ya que no se cuenta con un kit ambiental en el interior del invernadero. La temperatura máxima vario de 28.6 a 32.3 °C, la mínima de 15.5 a 19.1 °C, la media de 22 a 25.7 °C. Las temperaturas registradas, indican que las plantas dentro del invernadero estuvieron sujetas a condiciones térmicas favorables para su crecimiento.

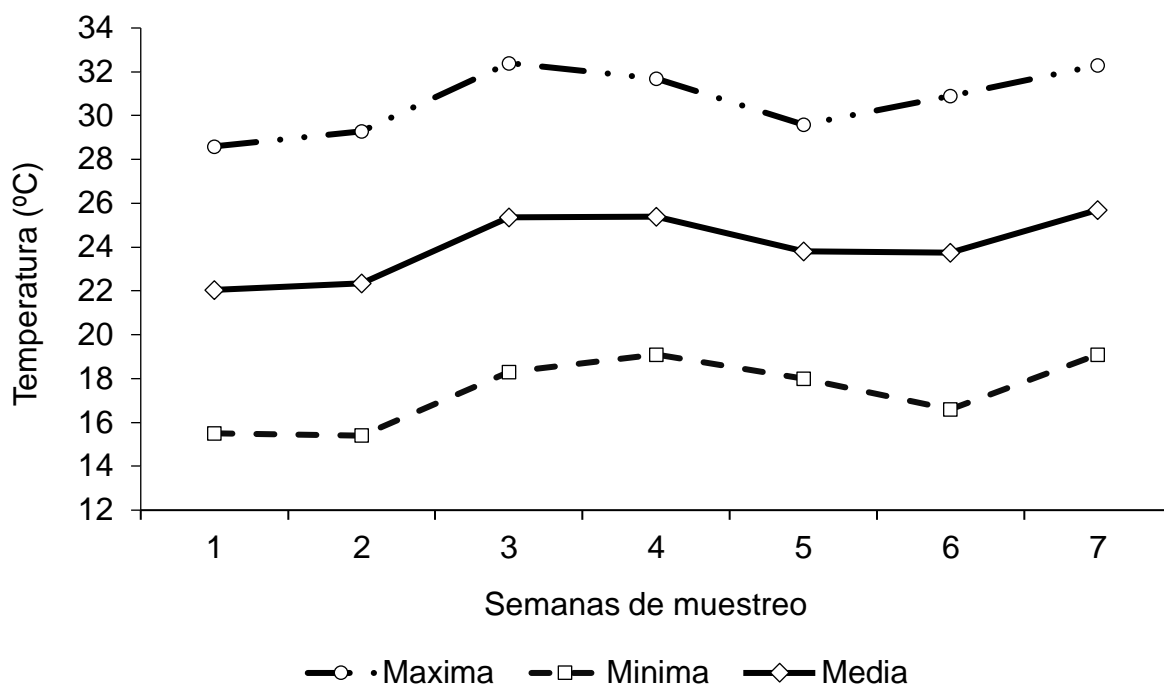


Figura 5. Temperaturas máximas, medias y mínimas durante el periodo de estudio (4 de mayo al 22 de junio del 2019).

3.3 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar, con tres repeticiones. Cada una de las poblaciones de cada genotipo, se conformó de 21 macetas; la unidad experimental consistió de una planta individual, dependiendo el genotipo, repetición y semana de rebrote. Las dimensiones de la maceta utilizada fueron de 17 x 17 cm, calibre 400 con capacidad de 0.95 L. El trasplante se realizó el día 8 de febrero del 2019, utilizando un sustrato que contenía tierra de monte y arena de río con una proporción de 1:1. Posteriormente las unidades experimentales se colocaron sobre mesas de metal a una altura de 1 m sobre el nivel del suelo dentro del invernadero. El material se regó a diario cuando fue necesario, manteniendo una humedad edáfica cercana a la capacidad de campo (CC).

3.4 Material genético

Para el estudio se utilizaron tres genotipos del trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) los cuales fueron 226796, 255301, 232098, obtenidos de una colecta proveniente de un ensayo establecidos y adaptados en el centro de México en el Colegio de Posgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. La semilla original fue proporcionada por el departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA).

3.5 Variables medidas y calculadas

A los 84 días después del trasplante, se procedió a realizar un corte de uniformización, a 7 cm de altura sobre el nivel del sustrato y posterior a eso, se programaron cortes semanales (cada 7 días). La primera cosecha se tomó como corte de uniformización; los cortes siguientes se realizaron a la misma altura durante el periodo de primavera 2019; para cada toma de datos se midieron las siguientes variables.

3.5.1 Rendimiento de materia seca (g MS planta⁻¹)

El rendimiento de materia seca, se obtuvo al calcular la suma del peso seco de los componentes morfológicos, hoja y tallo, de cada muestra por genotipo. El forraje cosechado se depositó en bolsas de papel etiquetadas y se expuso a un proceso de secado en una estufa de aire forzado (Felisa, Mod. FE-243A), a una temperatura de 55 °C durante 72 horas a peso constante.

3.5.2 Composición botánica - morfológica

Del material vegetal utilizado para estimar rendimiento de materia seca, se separó en hoja, tallo, material muerto (senescente) e inflorescencia y maleza. Cada componente se secó en una estufa de aire forzado (Felisa, Mod. FE-243A), a una temperatura de 55 °C por 72 h y se determinó el peso seco de cada uno para medir su

aportación al rendimiento en materia seca g MS planta⁻¹ y en porcentaje de cada componente, mediante la siguiente fórmula:

$$CM (\%) = (COMP * 100) / R$$

Dónde:

CM = Composición morfológica (%)

COMP = Submuestra del componente separado (g MS componente⁻¹)

R = Rendimiento de forraje (g MS planta⁻¹)

3.5.3 Relación hoja: tallo

Del peso de hoja y tallo de la composición morfológica, se obtuvo la relación hoja:tallo, al dividir el peso de la hoja entre el tallo, mediante la siguiente fórmula:

$$H:T = H/T$$

Dónde:

H:T = Relación hoja: tallo.

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

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

3.5.4 Peso de hoja por tallo (g MS hoja tallo⁻¹)

Se colectaron 10 tallos al azar, por cada repetición y se separó las hojas de los tallos colocando las hojas en bolsas etiquetadas, y se sometieron a un secado en una estufa de aire forzado (Felisa, Mod. FE-243A), hasta peso constante durante 72 horas. Para sacar el peso de hoja por tallo se utilizó la siguiente fórmula:

$$PH*T=PHT/10$$

Dónde:

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

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

3.5.5 Peso de tallo individual (g MS tallo⁻¹)

De los diez tallos, utilizados para determinar el peso de la hoja por tallos, se tomaron los diez y se colocaron en bolsas diferentes, sometiéndolas a un secado en una estufa de aire forzado (Felisa, Mod. FE-243A), hasta peso constante durante 72 horas. Para sacar el peso por tallo individual se utilizó la siguiente fórmula:

$$P*T=PTT/10$$

Dónde:

$P*T$ = Peso por tallo (g MS tallo⁻¹)

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

3.5.6 Altura de la planta (cm)

Antes de cada corte, se determinó la altura de planta, con una regla graduada de 100 cm, con 1 mm de exactitud; para cada caso se colocó la regla de forma vertical al lado de cada planta sobre el nivel del suelo, de tal manera que, la parte graduada de la regla, se ubicara hacia dirección de la planta, tomando como referencia las hojas superiores de cada planta, registrando así la altura correspondiente.

3.5.7 Área foliar por tallo (AF tallo⁻¹)

La hoja que fue separada de los diez tallos, para determinar el peso de hoja y de tallo individual, previo a su secado, se colocaron en hojas de papel blancas, con el haz hacia abajo y se pasaron por un integrador de área foliar modelo CI-202 AREA METER CID, Inc. Una vez que se determinó el área foliar de la hoja de los diez tallos, se dividió entre estos, para obtener el área foliar (AF) por tallo (cm² AF tallo⁻¹).

3.6 Análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones. Para determinar el efecto de genotipo y edad de rebrote, se realizó un análisis de varianza con el procedimiento PROC GLM del SAS para Windows versión 9.3 (SAS Institute, 2011). Se hizo una comparación de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Valor de la variable de respuesta, en la ij -ésima unidad experimental.

μ = Media general de la variable de respuesta.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento en la variable dependiente.

ε_{ij} = Error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Rendimiento de materia seca (g MS planta⁻¹)

En la Figura 6, se muestran los resultados del rendimiento de forraje en tres genotipos de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), durante siete semanas de rebrote. El análisis estadístico por tratamiento indico diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) en la semana seis, donde los genotipos 226796 y 255301 fueron similares ($p \geq 0.05$), pero diferentes ($p \leq 0.05$) del genotipo 232098. Los máximos rendimiento de materia seca por planta⁻¹, se alcanzaron a partir de la semana cinco. En el Cuadro 2 (anexos) se reportan los valores promedios en las diferentes semanas de muestreo, donde los máximos rendimientos se alcanzaron en la semana cinco (5.4 g MS planta⁻¹), seis (5.1 g MS planta⁻¹) y siete (5.6 g MS planta⁻¹), los cuales fueron muy similares ($p \geq 0.05$) en su rendimiento. Por otro lado, los menores rendimientos se presentaron en las primeras etapas de crecimiento donde la semana uno (0.4 g MS planta⁻¹) y la semana dos (1.3 g MS planta⁻¹) mostraron los menores rendimientos las cuales fueron similares ($p \geq 0.05$) pero diferente de las demás semanas de muestreo ($p \leq 0.05$).

En otras especies forrajeras como es el caso de trébol rojo (*Trifolium pratense* L.), presentan un comportamiento similar al de este estudio, reportan incrementos desde la semana uno hasta la semana ocho, teniendo un crecimiento positivo (De Lira, 2017). Mientras que en estudio realizado en dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) hecho por Villegas *et al.* (2004), mostro que una de las variedades obtuvo su máxima acumulación en la séptima semana de rebrote mientras que la otra la obtuvo en la sexta he incluso descendió en la séptima semana. En esta evaluación *Lotus corniculatus* L. presenta un aceptable vigor inicial y precocidad (menores que el trébol rojo y alfalfa), de acuerdo con Zanoniani y Ducamp (2004), esto le permite establecer una adecuada asociación con cultivos de invierno, logrando en estas condiciones buenos porcentajes de implantación, que lo hacen una de las leguminosas más adaptadas a este tipo de siembra. Bemhaja, (1998) muestra un promedio de 4,900 kg

MS ha⁻¹, en el rendimiento de forraje con trébol pata de pájaro, a cuatro años de establecido. No obstante, Risso (1996) obtuvieron 5,100 kg MS. ha⁻¹, para un promedio de 5 años (siembra cobertura). Si bien no presenta reposo en invierno, su producción es altamente dependiente de las condiciones imperantes de cada estación.

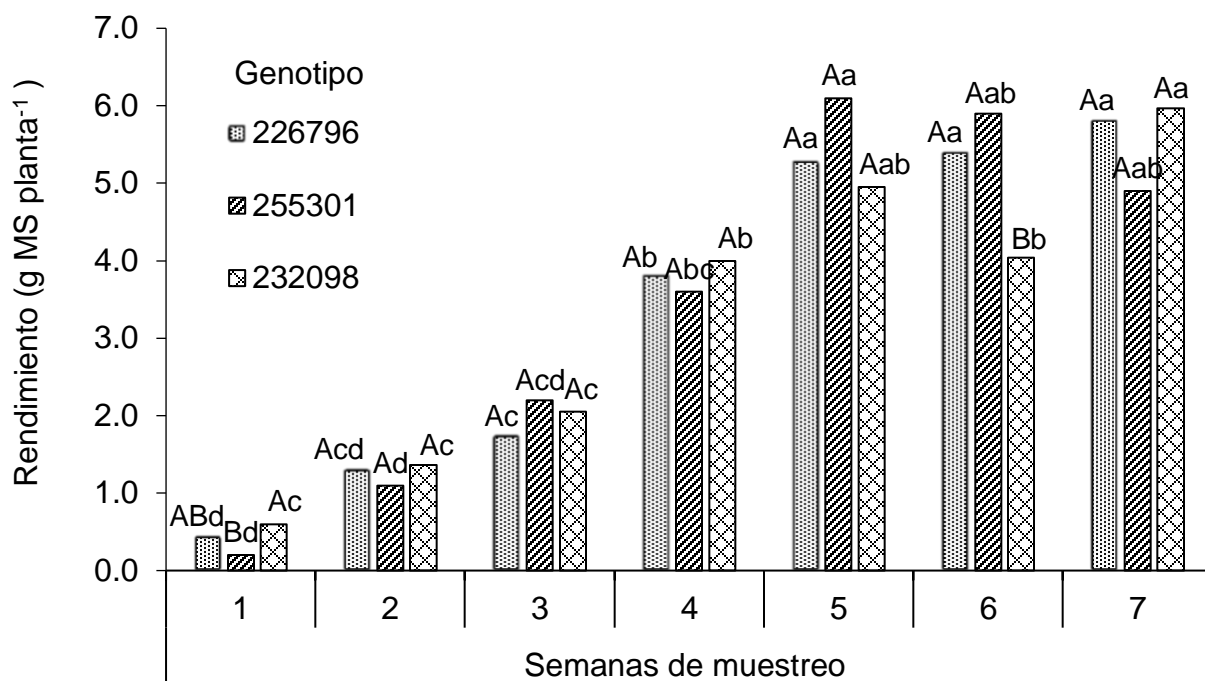


Figura 6. Rendimiento de materia seca (g MS planta⁻¹) de tres genotipos de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), cosechados a diferente edad de rebrote durante el ciclo de primavera, 2019. Diferente literal mayúscula dentro de cada semana de muestreo, indica diferencia entre tratamientos ($p \leq 0.05$) y diferente literal minúscula, entre semanas, para cada genotipo indican diferencias estadísticamente ($p \leq 0.05$).

4.2 Composición botánica - morfológica

Los cambios en la composición morfológica de tres genotipos de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) se presentan en la Figura 7, 8 y 9. Independientemente del genotipo, se observó que el componente hoja aportó la mayor proporción al rendimiento de forraje. En promedio la hoja aportó un 75 %, seguido por el tallo, maleza y material muerto, con 25, 1.5 y 0.7 %, respectivamente. La inflorescencia, no tuvo

presencia. Los mayores porcentajes promedios de hoja, se encontró en el genotipo 226796 con 77 %, de tallo en el 255301 con 23 % y material muerto el 226796 con 1.3 %. El componente hoja disminuyó conforme avanzó la edad de rebrote, en la semana uno con 83, 91 y 79 % hasta la semana siete con 71, 80 y 66 %, en los genotipos 226796, 255301 y 226796, respectivamente. En contraparte el tallo, con un comportamiento inestable, tuvo un incremento conforme avanzó la edad de la planta, de un 17, 9, y 21 % en la semana uno a un 25, 20 y 34 %, en la semana siete, para los genotipos 226796, 255301 y 226796, respectivamente. El material muerto, se presentó en las últimas semanas de rebrote (5, 6 y 7), en el genotipo 226796 con valores alrededor de 4 % y en el 255301, con mayor presencia en la semana seis con 3.5 %. Este mismo genotipo, fue el único que presentó maleza con 1.5 % en la semana dos. En cuanto al aporte en g MS planta⁻¹, a diferencia del 255301, el resto de los presentaron su mayor aporte de hoja y tallo en la semana siete con 4.1- 1.5 y 3.9 - 1.9 g MS planta⁻¹, respectivamente, para el 226796 y 232098. El 255301 su mayor aporte de hoja se registró en la semana cinco (4.4 g MS planta⁻¹) y de tallo en la semana seis (2.0 g MS ha⁻¹). El material muerto tuvo presencias inconstantes en los genotipos; el 226796 mostró mayor presencia en las semanas seis y siete con 0.2 g MS planta⁻¹, mientras en el 255301 solo en la semana seis con el mismo valor y el genotipo 232098 en la semana siete (0.05 g MS planta⁻¹). Al respecto, García-Bonilla *et al.*, (2014) mencionan que los componentes morfológicos que más influyen en el rendimiento acumulado de forraje son la hoja y el tallo con una correlación del 0.95 y 0.97, respectivamente. En general siempre la hoja fue mayor al resto de los componentes. De acuerdo con, Criado (2014) menciona que una de las características de *Lotus* es que, al pasar la planta del estado vegetativo al productivo, presenta un incremento de proteína bruta de 24.4 a 17 %, disminuyendo la calidad de la planta, por efecto del avance en la edad de rebrote y disminución en la cantidad de la hoja. No obstante, comparado con la alfalfa, al llegar está a un 10 % de floración puede alcanzar un 16 % de proteína bruta, en cambio en *Lotus* puede mantenerse hasta en un 20 %. Por otro lado, durante el estudio no se encontraron muestras de maleza, sin embargo, Teixeira *et al.*, (2007), menciona que la presencia de este componente en una pradera puede incrementarse con el paso de tiempo, por efecto de la frecuencia de corte.

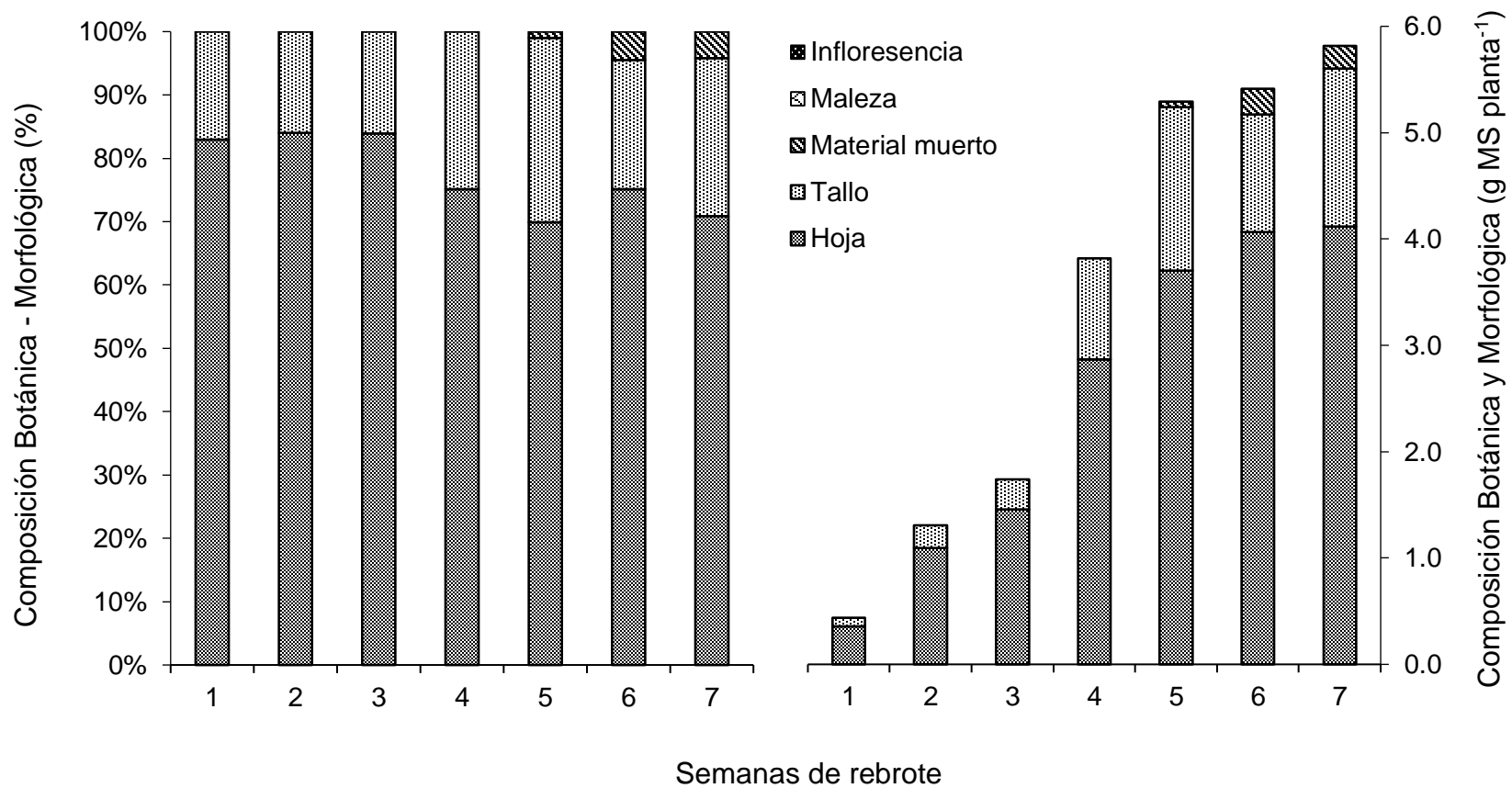


Figura 7. Cambios en la composición botánica-morfológica de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), genotipo 226796, cosechado a diferente semana de rebrote, en la estación de primavera, 2019.

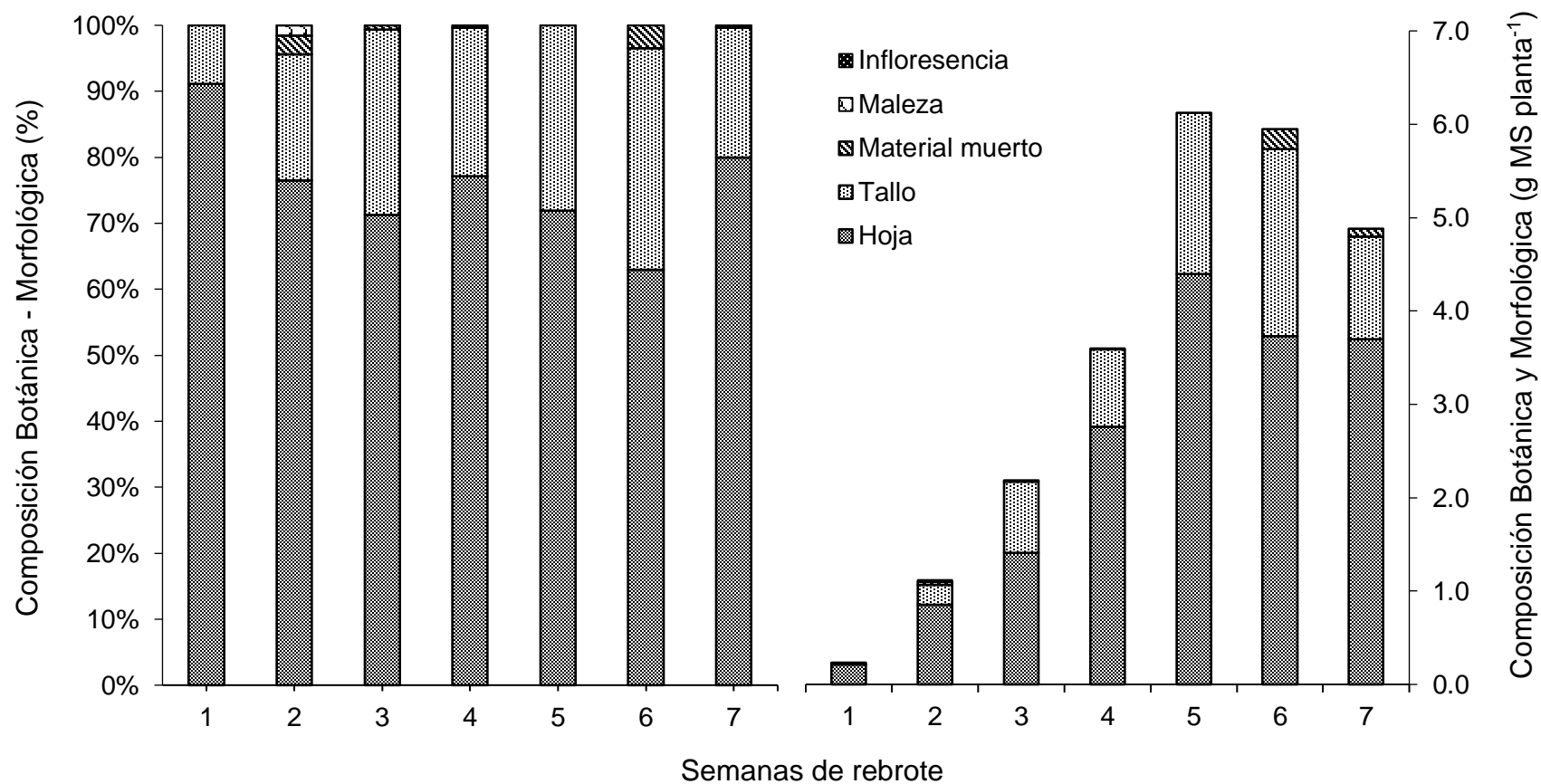


Figura 8. Cambios en la composición botánica-morfológica de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), genotipo 255301, cosechado a diferente semana de rebrote, en la estación de primavera, 2019

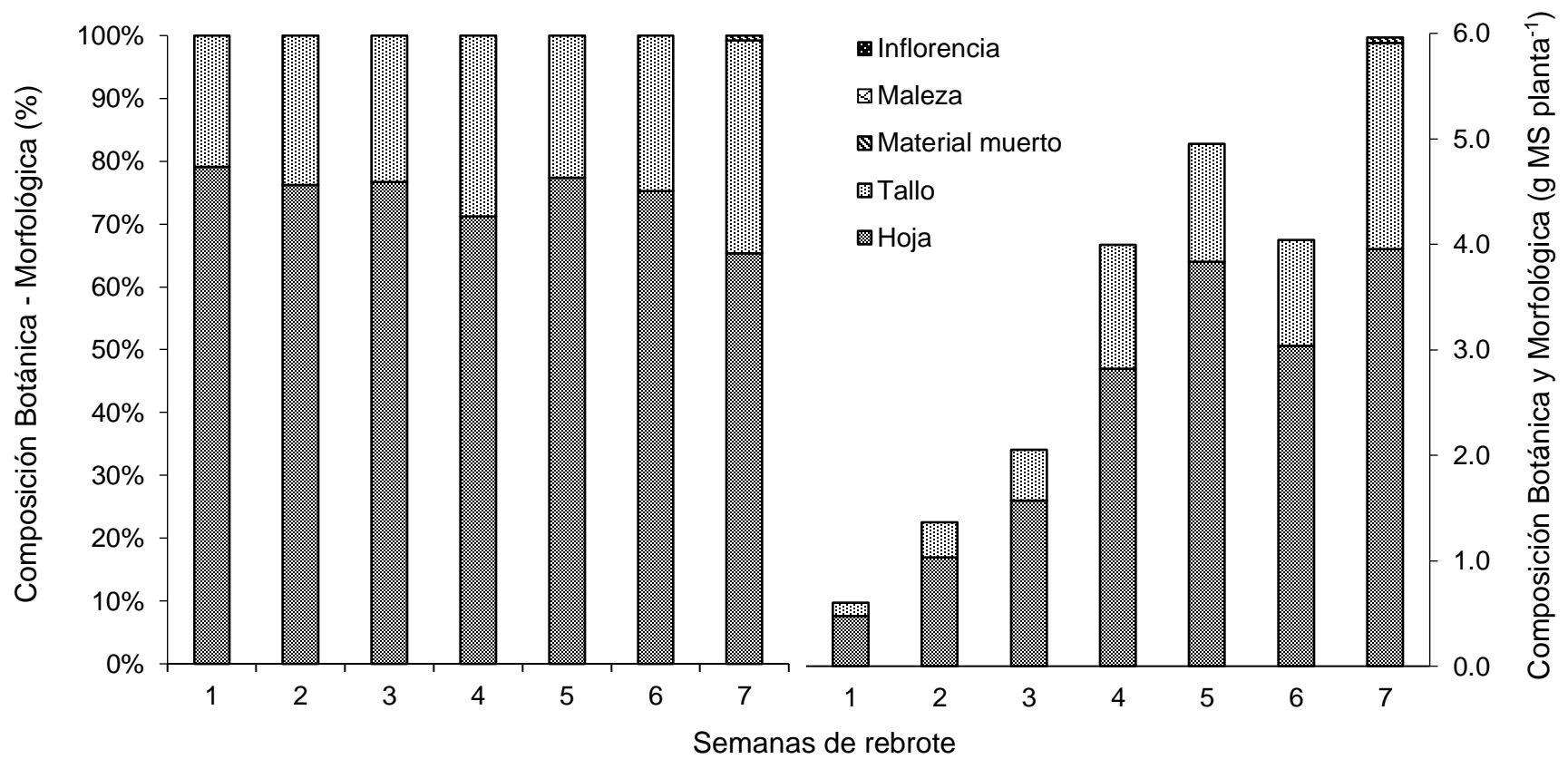


Figura 9. Cambios en la composición botánica-morfológica de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), genotipo 232098, cosechado a diferente semana de rebrote, en la estación de primavera, 2019.

4.3 Relación hoja:tallo (R:H/T) y su relación con el peso de hoja (g MS hoja tallo⁻¹) y tallo (g MS tallo⁻¹)

La relación hoja:tallo (R:H/T) y su relación con el peso de hoja y tallo individual, de tres genotipos de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), se muestran en la Figura 10. El peso de la hoja, fue mayor respecto a la del tallo, en todos los genotipos, incrementándose desde la semana uno (0.03 g MS hoja tallo⁻¹) hasta la semana siete (0.13 g MS hoja tallo⁻¹). Por lo anterior, los menores valores de la relación hoja:tallo fueron obtenidos en el genotipo 232098 en la semana de rebrote siete con 1.1, siendo su mejor valor 1.4 en las semanas dos y cuatro, ya que presento un mayor valor de peso de hoja respecto al tallo (Cuadro 4 y 5, anexos). Por su parte, el genotipo 226796 presentó su mejor valor en la semana dos (2.1), seguido por un 2.1 en la semana seis, valor que debe tomarse con cautela, ya que los estudios nos muestran que la tendencia normal es decreciente, conforme aumenta la edad de rebrote (García *et al.*, 2011). En el genotipo 255301, inicio en la semana uno con el más alto valor de 2.1, seguido por valores descendentes hasta la semana seis con 1.3, pero incrementando en la semana siete con 1.7 (Cuadro 4 y 5, anexos). Los promedios al final del estudio (Cuadro 3), muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) entre genotipos, resaltando el 226796 (1.8) y el menor el 255301 (1.3). Aunque el tallo aumento 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 (Hodgson *et al.*, 1981). En un trabajo realizado en alfalfa, en donde se midieron las frecuencias de corte de cuatro variedades, se observó diferencia en cuanto a la relación hoja:tallo, al aumentar la madurez de la planta, la relación hoja:tallo disminuye como consecuencia a una menor proporción de hoja respecto al tallo, también se observó que los mayores valores para esta variable se presentaron en otoño e invierno, determinado por el efecto de fotoperiodo, temperatura entre otras Romero *et al.* (2002). Así mismo, la producción de tallos está determinada por la constitución genética de las plantas, fertilidad del suelo y frecuencia e intensidad de defoliación (Hernández *et al.*, 2015).

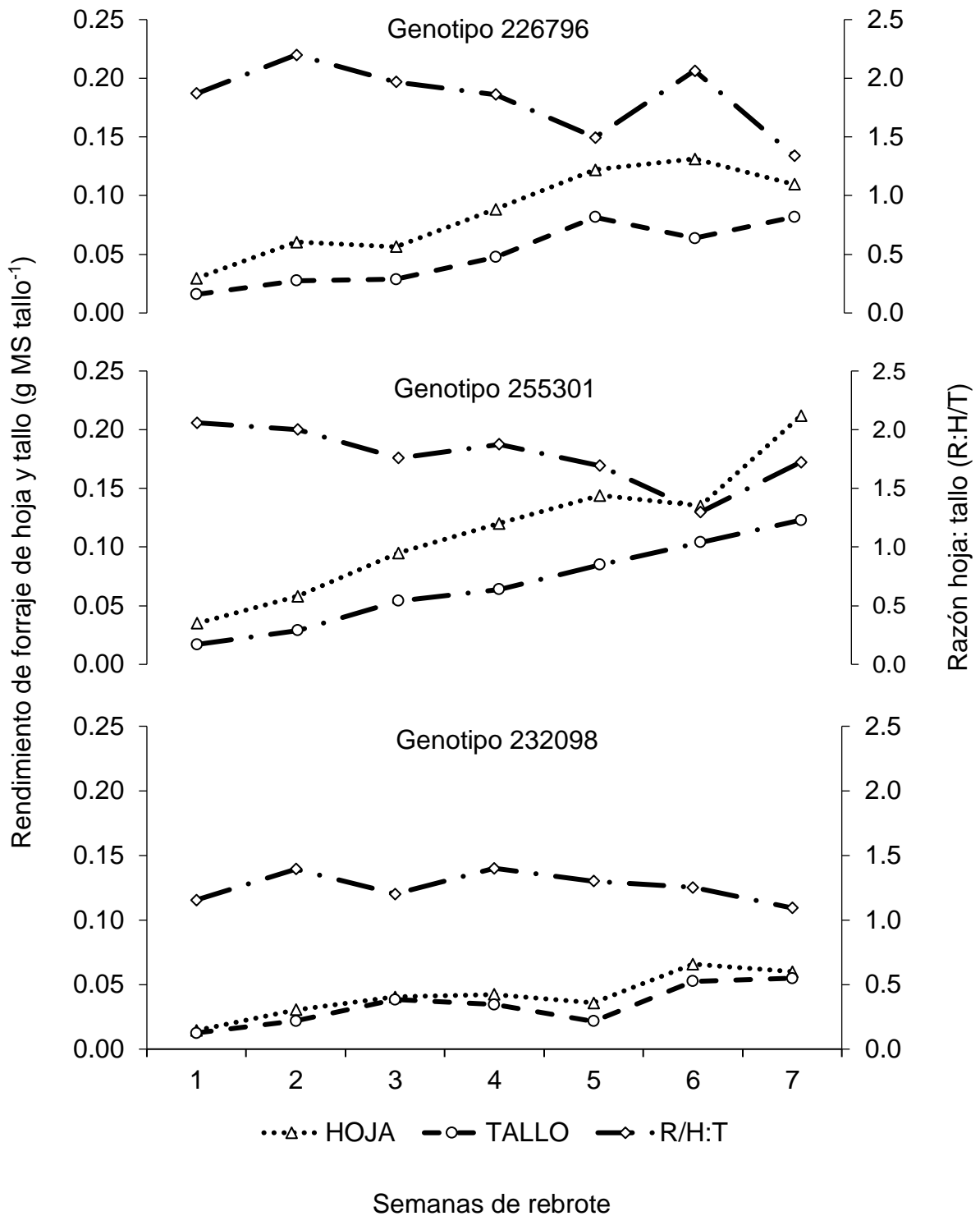


Figura 10. Rendimiento de hoja (g MS hoja tallo⁻¹), tallo (g MS tallo⁻¹), y relación de hoja:tallo de tres genotipos de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), cosechados a diferente edad de rebrote durante la estación de primavera, 2019.

4.4 Producción de hoja por tallo individual (g MS hoja tallo⁻¹)

Los resultados que se obtuvieron de la producción de hoja, en siete semanas de rebrote, de tres genotipos del trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) se muestran en la Figura 11. En el Cuadro 4 de anexos, se reportan los datos del análisis de varianza de la producción de hoja (g MS hoja tallo⁻¹), donde en promedio el genotipo 255301 (0.11 g MS hoja tallo⁻¹) fue superior en 17 % y 22 % a los genotipos 232098 y 226796, con 0.04 y 0.09 g MS hoja tallo⁻¹ respectivamente ($p \leq 0.05$). El mejor comportamiento lo mostró el genotipo 255301, los mejores resultados se alcanzaron a partir de la semana cinco (0.14 g MS hoja tallo⁻¹), similar a la seis y siete ($p \geq 0.05$) y superiores a la semana uno (0.04 g MS hoja tallo⁻¹). El genotipo 226796 solo mostro diferencia estadística ($p \leq 0.05$) en la semana uno (0.03 g MS hoja tallo⁻¹) sobre las demás semanas de rebrote. Así mismo, el genotipo 232098 solo mostro diferencia estadística en la semana uno (0.01 g MS hoja tallo⁻¹), menor valor respecto al resto de las semanas.

En un estudio realizado por Villegas *et al.* (2004), en dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.), se muestra un comportamiento similar al obtenido en nuestros resultados, durante ocho semanas de rebrote, los máximos resultados que se obtuvieron en el rendimiento de hoja durante el ciclo de primavera fueron en la semana tres y seis respecto a cada variedad, después de esto en ambos casos descendieron. De acuerdo con Chapman y Robson (1992), un incremento en la producción de hoja corresponde a una mayor tasa de acumulación neta de forraje y por ende se alcanza un máximo índice de área foliar. Así mismo, Difante *et al.* (2009) encontraron que un incremento en la producción de hoja conforme aumenta la edad de rebrote, es el resultado de un acelerado ritmo de crecimiento tanto de hoja como de tallo, los cuales son favorecidos por las condiciones ambientales como; fotoperiodo, temperatura y humedad.

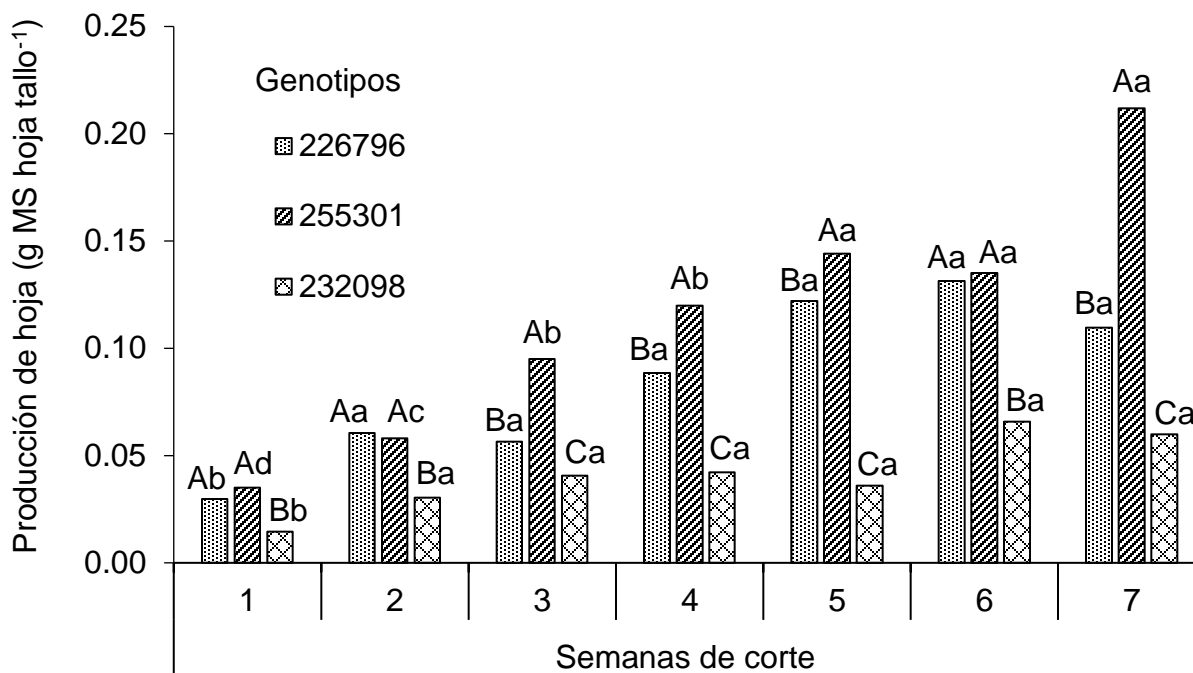


Figura 11. Producción de hoja por tallo (g MS hoja tallo⁻¹), de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L., cosechados a diferente edad de rebrote. Diferente literal mayúscula, dentro de cada semana de muestreo, indica diferencia entre tratamientos ($p \leq 0.05$), diferente literal minúscula, entre semanas para cada genotipo indican diferencias estadísticamente ($p \leq 0.05$).

4.5 Peso por tallo individual (g MS tallo⁻¹)

Los resultados que se obtuvieron de la producción de peso por tallo individual, en siete semanas de rebrote, de tres genotipos del trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) se muestran en la Figura 12. El promedio del genotipo 255301 (0.07 g MS tallo⁻¹) fue superior ($p \leq 0.05$), al 232098 (0.03 g MS tallo⁻¹) y al 226796 (0.05 g MS tallo⁻¹), respectivamente. El genotipo 255301 y 232098 mostraron los mejores resultados en las semanas seis y siete con 0.11, 0.12 y 0.05 g MS tallo⁻¹ (ambas semanas), respectivamente, respecto a la semana uno de menor producción (0.02 y 0.01 g MS tallo⁻¹, respectivamente; $p < 0.05$). El genotipo 226796 incremento la producción de tallo de la semana uno hasta la semana cinco de 0.02 a 0.08 g MS tallo⁻¹, posteriormente los valores (Cuadro 5 anexos).

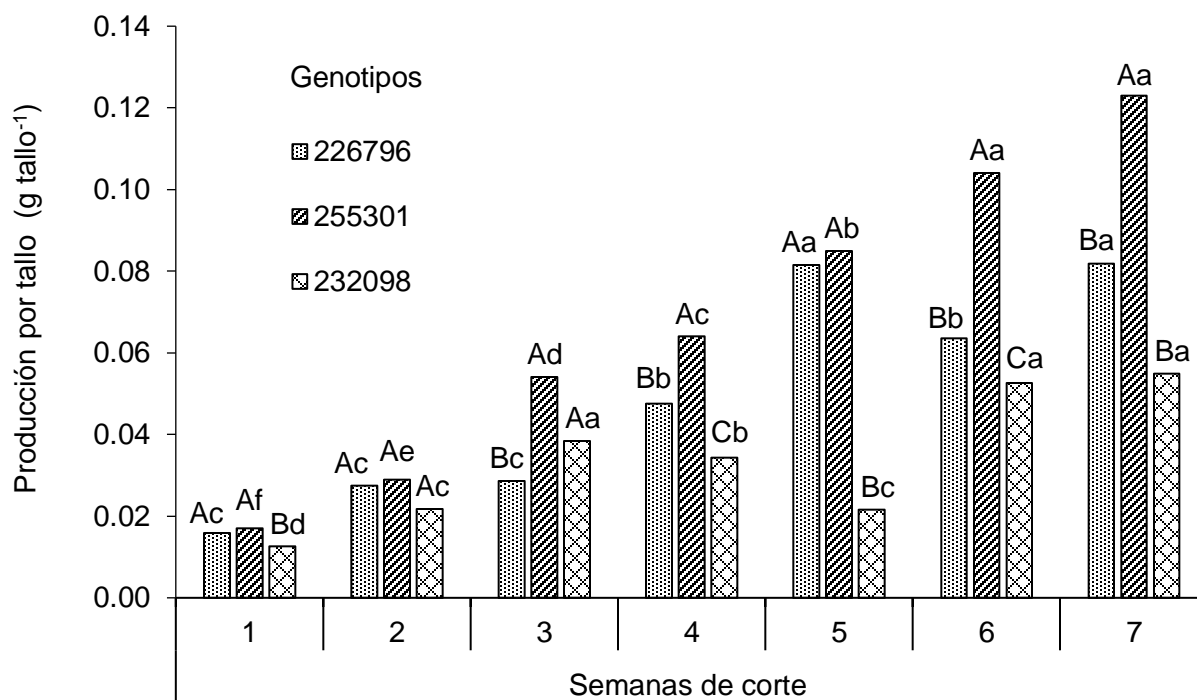


Figura 12. Producción por tallo (g tallo^{-1}), de *Lotus corniculatus* L., a diferente edad de rebrote según número de muestreo. Diferente literal mayúscula, dentro de cada semana de muestreo, indica diferencia entre tratamientos ($p \leq 0.05$), diferente literal minúscula, entre semanas para cada genotipo indican diferencias estadísticamente ($p \leq 0.05$).

De acuerdo con Corvalán y Hernández (2006), mediante el proceso de auto aclareo, el tamaño y peso de los tallos va cambiando debido a la supresión de los individuos de menos vigor y su posterior mortalidad, generando así una mayor diferenciación del tamaño. En este proceso es posible observar tres etapas, fase inicial de establecimiento y crecimiento, donde el espacio utilizado no ha sido cubierto en su totalidad y por tanto no existe competencia entre ellos ni mortalidad. Una segunda fase donde ocurre plena competencia y exploración del espacio de crecimiento, existe un doble fenómeno de diferenciación de tamaños y ocurre la supresión de los individuos menos vigorosos. Tercera fase su posterior mortalidad, generando así una mayor diferenciación del tamaño de los tallos. En este estudio se puede ver con mayor claridad este proceso en el genotipo 232098 (Figura 12). Por su parte, Leimare, (2001), establece que la tasa de aparición de tallos en las plantas es regulada por el índice de

área foliar, en función directa con la distribución de la luz dentro de las plantas o pradera, por la temperatura ambiental y su influencia en la fotosíntesis.

4.6 Altura de planta (cm)

Los resultados que se obtuvieron mediante el análisis de varianza para evaluar la altura de las plantas (cm), durante siete semanas de rebrote, de tres genotipos del trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) se muestran en la Figura 13. En el Cuadro 6 (anexos), se reportan los datos del análisis de varianza de la variable altura de la planta (cm), donde en promedio se observó un crecimiento similar ($p \geq 0.05$) en los tres genotipos evaluados, sin embargo, aunque no hubo diferencia estadística, el genotipo 255301 (25 cm) supero en 19 % (equivalente a 4 cm) al genotipo 226796 (21 cm) y supero en 8.7 % (equivalente a 2 cm) al genotipo 232098 (23 cm). La comparación entre genotipos dentro de cada semana, indico solo diferencias en las semanas 2, 3, 5 y 6 ($p \leq 0.05$), donde el 255301 mostró mayor crecimiento con 16, 20, 32 y 34 cm, respectivamente. Los cambios en la altura se presentaron a partir de la semana cuatro en el genotipo 226796 (24 cm), de la semana cinco en el 255301 (32 cm) y en la semana siete en el 232098 (52 cm), mostrando diferencias ($p \leq 0.05$) con la semana uno (12 cm promedio).

Formoso (1996), destaca como fundamental en el trébol pata de pájaro la frecuencia e intensidad del pastoreo, puesto que indica que manejos muy frecuentes (alturas previas de 10-12 cm) y muy intensos (3 cm) determinan fuertemente una baja producción y longevidad de las plantas, siendo el manejo que se realiza en verano el determinante en disminuir la persistencia de las plantas. Lo cual en estas condiciones la disminución de la intensidad de corte a los 6 cm permitirá un mejorable comportamiento productivo. Por su parte, Santos *et al.* (2004) señalan que una altura mayor corresponde a un mayor rendimiento de forraje, por lo que esto corresponde al comportamiento de la especie de altura respecto al rendimiento de materia seca (Figura 13 vs figura 6). Pero también la producción se estima con el hábito de crecimiento del genotipo, teniendo rendimientos y altura más baja en genotipos

postrados, comprobado también en alfalfa (Humphr y Hughes, 2006). Por su parte García *et al.* (2014) obtuvieron mayores alturas al evaluar 12 genotipos de *Lotus corniculatus* L., al registrarse temperaturas máximas de 30 °C, y un descenso en el crecimiento de las plantas por debajo de los 14 °C.

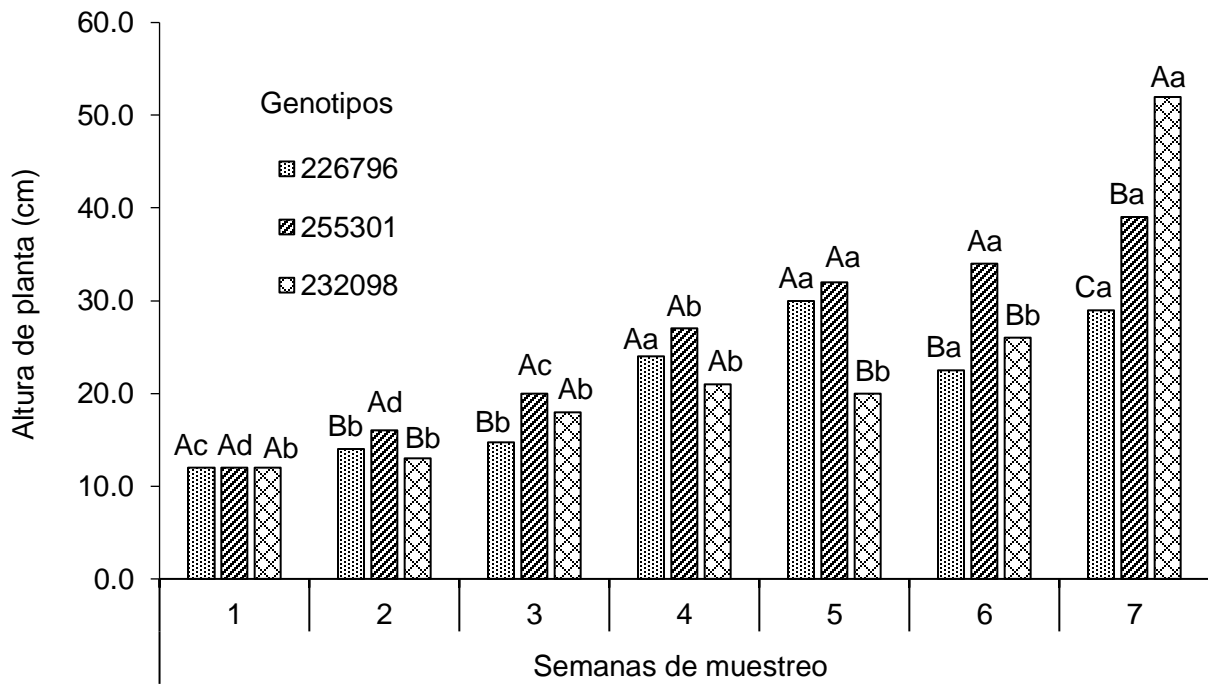


Figura 13. Altura de la planta (cm), de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L., cosechados a diferente edad de rebrote. Diferente literal mayúscula, dentro de cada semana de muestreo, indica diferencia entre tratamientos ($p \leq 0.05$), diferente literal minúscula, entre semanas para cada genotipo indican diferencias estadísticamente ($p \leq 0.05$).

4.7 Área foliar por tallo (AF tallo⁻¹)

Los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza, para evaluar el área foliar (cm²), durante siete semanas de rebrote, de tres genotipos del trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) se muestran en la Figura 14. En el Cuadro 7 (anexos), se reportan los datos del análisis de varianza de la variable área foliar del tallo (cm²), donde en promedio el genotipo 255301 (17 cm²) supero ($p \leq 0.05$) en 65 y 12 % a los

genotipos 232098 (6 cm²) y 226796 (15 cm²), respectivamente. Los mayores valores se presentaron a partir de la semana cuatro en los genotipos 226796 y 255231 con 23.2 y 24.1 cm² AF tallo⁻¹ y el 232098 hasta la semana siete con 13.6 cm² AF tallo⁻¹. Los promedios semanales, muestran que a la semana siete la planta tiene mayor área foliar por tallo (41 cm²), mientras que las primeras semanas, uno y dos, los valores son menores (12 y 14 cm² AF tallo⁻¹, respectivamente).

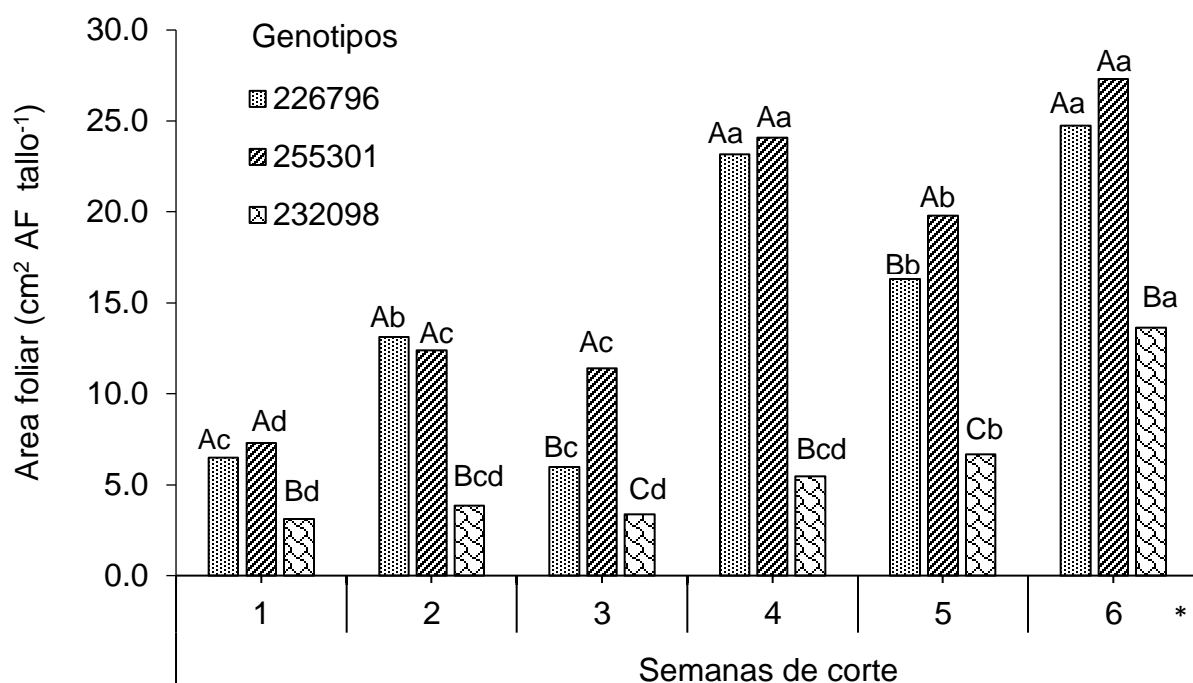


Figura 14. Área foliar por tallo (cm² AF tallo⁻¹), de tres genotipos de *Lotus corniculatus* L., cosechados a diferente edad de rebrote, en la estación de primavera, 2019. Diferente literal mayúscula, dentro de cada semana de muestreo, indica diferencia entre tratamientos ($p \leq 0.05$), diferente literal minúscula, entre semanas para cada genotipo indican diferencias estadísticamente ($p \leq 0.05$). *La semana siete no se determinaron datos.

De forma práctica, se tiene que el alargamiento de los tallos determina que las hojas más nuevas se encuentren en la parte superior de la planta, haciéndolas más susceptibles a ser removidas por el pastoreo, determinando en la mayoría de los casos que el área foliar remanente sea nula o de baja capacidad fotosintética (Zanoniani y

Ducamp, 2004). Por otra parte, el rebrote en su mayoría es dependiente de las reservas acumuladas previamente. Aunque existe controversia en la baja capacidad del *Lotus* para almacenar reservas, es aceptado que existe una disminución de carbohidratos solubles de reserva luego de una defoliación, los cuales son usados para la recuperación del área foliar removida por cualquier motivo (Santiñaque *et al.*, 1992). A su vez Villegas *et al.* (2004), menciona que el área foliar aumenta conforme se incrementa la edad de rebrote, hasta alcanzar un máximo, para luego disminuir progresivamente a consecuencia de la caída de las hojas.

V. CONCLUSIONES

- ❖ El rendimiento de forraje se ve afectado por el aumento en la edad de la planta, donde los genotipos mostraron la mayor producción de forraje y altura de planta, al final del experimento, sin mostrar diferencias entre ellos.
- ❖ El área foliar, peso del tallo y producción de hoja fueron mayores en el genotipo 255301, mientras que en la relación hoja:tallo lo fue en el genotipo 226796.
- ❖ El componente morfológico que más contribuyó al rendimiento de forraje durante el estudio en los tres genotipos fue la hoja, seguida por el tallo, material muerto y maleza respectivamente.

VI. LITERATURA CITADA

- Aguirre S. C.A., Valdez L. J.R., Pérez G. A., De los Santos H. M., y Salado A.I.a. 2011.** Mapeo del índice de área foliar y Cobertura Arborea Mediante Fotografía Hemisférica y Datos SPORT5 HRG: Regresión y K-NN. Agroagencia, 45: 105-119 p.
- Aparicio, T. P. M.; Sánchez D. M. R; Peña J. I. 1980.** Nitrogen fixation, stomatal response and transpiration in *Medicago sativa*, *Trifolium repens* and *Trifolium subterraneum* under water stress and recovery. *Physiologia Plantarum*, 48: 1-4p.
- Ayala W. y Carambula M. 2009.** El valor agronomico del genero *Lotus*. INIA. Pg. 100.
- Ayala A. y Deregibus V. 1995.** Apuntes del curso de fisiología vegetal. Escuela de Pots-Grado, UBA, Argentina, s/p.
- Barrientos L., Higuera M., Acuña H., Guerrero J., Ortega F. e Seguel I. 2002.** Efectividad simbiótica de cepas naturalizadas de *Mesorhizobium loti* Y *Bradyrhizobium spp.* (Lotus) EN plantas de tres especies del género. *Agric. Téc.*; 62:2.
- Barta A. L. 1986.** Metabolic response of *Medicago sativa* L. and *Lotus corniculatus* L. roots to anoxia. *Plant Cell Environ.* 9:127-131 p.
- Bemhaja M. 1998.** Mejoramiento de campo en besalto profundo. Evaluación de Leguminosas: géneros, especies y variedades. In seminario de actualización de tecnologías para besalto. INIA. Serie Técnica N° 102: 33-42 p.
- Bockheim, J. G. 1991.** Suelos forestales. In: R. A. Young (ed.) *Introducción a las ciencias forestales*. Limusa, México, D. F.

- Canals R., Peralta, J. y Zubiri, E. 2009.** Flora pratense y forrajera cultivada de la península Ibérica. , UNAVARRA, Pamplona, España, pp. 2.
- Chapman D. R; Robson, M. J. 1992.** The physiological role of oíd stolon material in white clover (*Trifolium repens* L.). *New Phytologist*, 122:53-62.
- Charlton J.F.L. 1983.** *Lotus* and other legumes. p. 253-257. In G.S. Wratt and H.C. Smith (eds.). *Plant Breeding in New Zealand* Butterworths, Wellington, New Zealand.
- Climate.Data.org. 2010.** <https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/coahuila-de-zaragoza/saltillo-4988/> (fecha de consulta 20 de julio 2020).
- Crespo G. 2008.** Importancia de los sistemas silvopastoriles para mantener y restaurar la fertilidad del suelo en las regiones tropicales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 42(4):329 p.
- Criado C. Alberto. 2014.** LOTUS “PAMPA” INTA Una herramienta de trabajo para los suelos bajos-inundables. EEA Cuenca del Salado, Publicación Técnica. 6 p.
- De Lira C. A. L. 2017.** Rendimiento de trébol rojo (*Trifolium pratense* L.) a diferente edad de cosecha en la estación primavera. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Dto. De Zootecnia. 48 p.
- Dear B S., Moore G. A. y Hughes S. J. 2003.** Adaptation and potential contribution of temperate perennial legumes to the southern Australian wheatbelt: A review. *Aust. J. Exp. Agr.* 43:118 p.

- Difante D. S.G; Do Nascimento Jr, D; Batista E. V. P; Da Silva, S. C; Barbosa, A. R; Concalves, V. W. 2009.** Sward structure and nutritive value of tanzania guineagrass subjected to rotational stocking managements. Rev Bras Zootec; 38:9-19 p.
- Douglas G. B. and Foote A. G. 1993.** Growth of sheep's burnet and two dryland legumes under periodic mob – stocking with sheep. In: New Zealand Journal of Agricultural Research 36: 393- 937.
- Escaray F. J., Menéndez A.B., Gárriz A., Pieckenstain F. L., Estrella M.J., Castagno L. N. 2012.** Ecological and agronomic importance of the plant genus Lotus. Its application in grassland sustainability and the amelioration of constrained and contaminated soils. Plant Science, 182:121-133 p.
- Escuder A.M.Q., 1980.** Algunas consideraciones sobre el papel de las leguminosas en pasturas, Servicio de Información y Documentación Agropecuaria de las Américas. CIAT. Brasil. 52-57 p.
- Formoso F. 1996.** Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. In Producción y manejo de pasturas. INIA. Serie técnica N° 51:13-18 p.
- García-Ferrera L., Bolaños A. E. D., Ramos J. J., Osorio A. M. y Lagunes E. L. del C. 2015.** Rendimiento y valor nutritivo de leguminosas forrajeras en dos épocas del año y cuatro edades de rebrote. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias; 6(4): 453-468.
- García J. 1991,** Las forrajeras de la Estanzuela, INIA. Boletín de divulgación No. 7:22 p.
- García J. L. C.; Pastorini, D.; Curbelo, C. 1994.** Fijación de nitrógeno por leguminosas en la Estanzuela. ANIA. Serie técnica No. 51:13-18 p.

- García-Bonilla. D. V., Guerrero J de D. R., García de los S. G., Lagunes R. S. A. 2014.** Rendimiento y calidad de forraje de genotipos de *Lotus corniculatus* L., en el Estado de México. *Nova Scientia*. 7(13):170-189.
- García G. y Jeffrey J. 2003.** Compatibilidad reproductiva y habilidad de transferencia de genes en *Lotus corniculatus* L. *Revista Fitotecnia Mexicana*; 26(1):29-35.
- Grant F.W. 2009.** *Lotus corniculatus*. SciTopics. Canadá. http://www.scitopics.com/Lotus_corniculatus.htm. Graw–Hill. México, 622 p.
- Grant W. F. y Small E. 1996.** El origen del complejo *Lotus corniculatus* (Fabaceae): una síntesis de evidencia diversa. *Canadian Journal of Botany*; 74 (7):975-989. <https://doi.org/10.1139/b96-122> p.
- Hernández G. F. J.; Hernández G. A.; Ortega J.E.; Enríquez Q.J.F.; Velázquez M.M. 2015.** Comportamiento productivo del pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) respuesta al pastoreo. *Agronomía Mesoamericana* 26(1): 33-42 p.
- Hodgson J.; Bircham A.; Grant L. King J. 1981.** The influence of cutting and grazing management on herbage growth and utilization. In: Wright. C. E. (Ed.) *Plant Physiology and Herbage Production*. The British Grassland Society. Occasional Symposium. 13-51 p.
- Humphr I. E. S. A. W. y Hughes S. J. 2006.** Preliminary evaluation of diverse Lucerne (*Medicago sativa* L.) germplasm to identify new material for livestock and cropping based farming systems in Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*. 57:1297-1306.

- Iriondo, E., Álvarez, E., China, A. y Borroto, D. 1998.** Experiencias campesinas sobre utilización de árboles y arbustos en huertos caseros. IV Taller Internacional Silvopastoril «Los árboles y arbustos en la ganadería». Estación Experimental «Indio Hatuey». Matanzas, Cuba. 258 p.
- Jiménez L. y Mármol L. 2005.** Los suelos en la producción de plantas forrajeras. Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. Maracaibo, Venezuela;147-151 p.
- Johns, G. G. 1978.** Transpirational, leaf área, stomatai and photosynthetic responses to gradually induced water stress in four températe herbage species. Australian Journal of Plant Physiology, 5:113-125 p.
- Jones R. R. 1982.**Efecto del clima, el suelo y el manejo del pastoreo en la producción y persistencia del germoplasma forrajero tropical. O. Patadines y Carlos Lascano (Eds.) En: Germoplasma forrajero bajo pastoreo en pequeñas parcelas. Metodologías de evaluación. RIEPT. Cali, Colombia;11-31 p.
- Jones, R. M. 1980.** Survival of seedlings and primary taproots of white clover (*Trifolium repens*) in subtropical pastures in south east Queensland. Tropical Grasslands, 14: 19-22 p.
- Lemaire, G. 2001.** Ecophysiology of grasslands. Aspects of forage plant population in grazed swards. In: Proceedings of the XIX International Grassland Congress. Sao Pedro, Sao Paulo, Brazil; 39-40 p.
- Malajczuk N., Reddell P. y Brundrett M. 1994.** Role of ectomycorrhizal fungi in mine site reclamation. In: F. L. Pflieger y R. G. Linderman (eds.) Mycorrhizae and plant health. APS, St. Paul, Minnesota 45 p.

- Marchegiani G. 1985.** Morfofisiología de plantas forrajeras NZ Producciones-AACREA Cuaderno de Actualización Técnica 36:6-16.
- Marley C.L., Fychan R. y Jones R., 2006.** Yield, persistency and chemical composition of *Lotus* species and varieties (Birds foot trefoil and greater birds foot trefoil) when harvested for silage in the UK. Grass and Forage Science 61:134-145 p.
- Mazorra, L. M., Nuñez M., Echevarría M., Coll, F. y Sánchez B. M.J. 2002.** Influence of brassinosteroids on antioxidant enzyme activity in tomato under different temperatures. Bio. Plant; 45:593-596 p.
- McKenzie, B. A., Kemp, P. D., Moot, D. J., Matthew, C. y Lucas, R. L. 1999.** Environmental effects on plant growth and development. In: New Zealand Pastures and Crop Science. Oxford University Press. 323 p.
- Meléndez G., Molina E. 2001.** Fertilidad de suelos y Manejo de la Nutrición de Cultivos en Costa Rica. Memoria Curso de Fertilidad de Suelos, CIA/UCR. 43 p.
- Miñón P.D., Sevilla H.G., Montes L., Fernández O., 1990.** *Lotus tenuis*: leguminosa forrajera para la Pampa deprimida. Boletín Técnico Número 98. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación experimental Agropecuaria Balcarce, 16 p.
- Morales, P. R., Dell'Amico J.A., Torrecillas A. y Sánchez B. M. J. 2006.** Efecto de altas temperaturas en algunas variables del crecimiento y el intercambio gaseoso en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. CV. Amalia); 27:45-48 p.

- Moser, G., D. Hertel, y C. Leuschner 2007.** Altitudinal change in LAI and stand leaf biomass in tropical Montane forest: a transect shady in Ecuador and a pan-tropical-meta-analysis. *Ecosystems* 10:924-935.
- Nurjaya, I. G. M. O. and Tow, P. G. 2001.** Genotype and environmental adaptation as regulators of competitiveness. In: Phillip, G. and Alec Lazenby (eds.). *Competition and succession in pastures*. CABI Publishing. Wallingford UK. 43-62 p.
- Oelbermann, M. e Ibrahim, A. 2006.** The Carbon quandary: Can Agroforestry systems sequester enough of it? IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible, Cuba. Secc. Conferencias, 7 p.
- Ollerton, J. y Lack, A. 1998.** Relaciones entre la fenología de la floración, el tamaño de la planta y el éxito reproductivo en *Lotus corniculatus* (Fabaceae). *Ecología vegetal*; 139(1):35-47 p.
- Olmos L. F. 2004.** Factores que afectan la persistencia y productividad de pasturas mejoradas con Trébol blanco (*Trifolium repens* L.) INIA Tacuarembó - Ecofisiología de Pasturas. 20 p.
- Otero M. J. y Hidalgo G. L. 2004.** Taninos condensados en especies forrajeras de clima templado: efectos sobre la productividad de rumiantes afectados por parasitosis gastrointestinales *Livestock Research for Rural Development UNICEN, Buenos Aires, Argentina* 16(2) p.
- Panagiota G., Abraham M. E., Parissi M. Z. y Apostolos P. K. 2015.** Phenotypic variation of *Lotus corniculatus* L. natural populations in relation to habitat type and management regimes. *Arch. Biol. Sci., Belgrade*, 67(3):841-848 p.

- Peduzzi, A., R. H. Wynne, T.H: Fox, R.F. Nelson, y V.A. Thomas 2012.** Estimating leaf area index in intensively managed pine plantations using airborne laser scanner. *Data Forest Ecology and Management* 270: 54-65 p.
- Rebuffo, M. 1991.** Lotus en el Uruguay. 1er Simposio Argentino del Género Lotus. INTEC II. Chascomús. Buenos Aires. 43-44 p.
- Risso F. D., Berretta J. E., Morón A. 1995.** Unidad de Difusión: Marcia del Campo Secretaría: Cristina Gaggero "Producción y manejo de pasturas". Seminario Técnico INIA Tacuarembó 17-19 p.
- Risso, D.; Berreta, E. 1996** Mejoramiento de campo en suelos sobre cristalino. In producción y manejo de pasturas. INIA Serie Técnica No. 80:193-211 p.
- Rivera Evelin, Magali Sánchez, Hercilia Domínguez. 2018,** pH como factor de crecimiento en plantas pH as a growth factor in plants, Universidad Tecnológica de Panamá. Vol. 4- N.º Especial. 102 p.
- Romero, L. A., Aronna, M. S., y Cuatrín, A. L., 2002.** Producción estacional de forraje y relación hoja-tallo de alfalfa multifoliadas. In Congreso Argentino de Producción Animal. 25. Buenos Aires, AR.
- Sabater, F. 1978.** La luz como factor ambiental para las plantas. *Anales de La Universidad de Murcia. Ciencias.* 11 p.
- Santos, P. M., A. Balsalobre M., y Corsi M. 2004.** Características morfogénicas e taxa de acúmulo de forragem do capimmombaça submetido a três intervalos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 33(4):843-851.

- Santiñaque, F.; Morales, A.; Battista, J. 1992.** Efecto del manejo de la defoliación sobre la persistencia de mejoramientos de pasturas naturales. Efecto de la intensidad de corte. In: Jornadas Técnicas, No. 5:17-20 p.
- Saravia H., Ayala W., Barrios E. 2014.** Seminario de actualización técnica: producción de carne ovina de calidad. Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del INIA Andes 1365, Piso 12.
- SAS, Institute. 2011.** SAS/STAT User's Guide. Release 9.3. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Silveira M. E. D. 2011.** Caracterización agronómica de las leguminosas más utilizadas en el Uruguay. Ing. Grupo Disc. de Producción y Utilización de Pasturas Dpto. de Producción Animal y Pasturas Est. Exp. LEGUMINOSAS. 23 p.
- Smethan, R. 1981,** Especies y variedades de leguminosas forrajeras. Las pasturas y sus plantas. R. H. M. Langer. 514 p.
- Sosa R.E.E., Cabrera T.E., Pérez R.D., Ortega R.L., 2008.** Producción estacional de materia seca de gramíneas y leguminosas forrajeras con cortes en el estado de Quintana Roo. Técnica Pecuaria en México 46:413-426 p.
- Striker, GG, Insausti, P., Grimoldi, AA, Ploschuk, EL y Vasellati, V. 2005.** Bases fisiológicas y anatómicas de la tolerancia diferencial a la inundación del suelo de *Lotus corniculatus* L. y *Lotus glaber* Mill. Planta y suelo, 276 (1–2):301–311 p.
- Tamhane, R. V., D. P. Motiramani, Y. P. Bali y R. I. Donahue, 1986.** Suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales, 4a edición, Diana, México, D. F.pp.

- Teixeira, E. I. M; Derrick, J. B; Hamish, E. y F. Andrew, L. 2007.** The dynamics of Lucerne (*Medicago sativa* L.) yield components in response to defoliation frequency. *European Journal of Agronomy*, 394-400 p.
- Turner, L. B. y Pollock, C. J. 1998.** Changes in stolon carbohydrates during the winter in four varieties of white clover (*Trifolium repens* L.) with contrasting hardiness. *Annals of Botany*, 81:97-107 p.
- Ugarte C. 2014.** INTA EEA Reconquista. Ecofisiología de plantas forrajeras. *Voces y Ecos* N° 27:37-42 p.
- USDA NRCS. 2002.** Rose Lake Plant Materials Center, East Lansing, Michigan. Birdsfoot trefoil *Lotus corniculatus* L. Plant Symbol = LOCO6, 1-2 p.
- Ventura, R.J., Reyes, V.I., García, S.A., Muñoz, G. C., Muro, R.A., Maldonado, P.M., Rojas, G.A., Cruz, H.A. 2019.** Rendimiento, perfiles nutrimentales y de fermentación ruminal in vitro de pasto maralfalfa (*Cenchrus purpureus* Schumach.) Morrone a diferentes frecuencias de corte en clima cálido. *Acta universitaria*. 29:1-11.
- Villegas A. Y., Hernández G. A., Pérez P. J., López C. C., Herrera H. J. G., Enríquez Q. J F., Gómez V. A. 2004.** Patrones estacionales de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) *Técnica Pecuaria en México*, 42(2):145-158.
- Zanoniani R. A., Ducamp F. 2004.** Leguminosas forrajeras del género *Lotus* en el Uruguay, Nota técnica. Dpto. De producción animal y pasturas EMAC, 5 p.

VII. ANEXOS

Cuadro 2. Análisis de varianza de rendimiento de materia seca (g MS planta⁻¹), de tres genotipos de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), cosechados a diferente edad de rebrote, en la estación de primavera 2019.

Genotipo	Semanas de rebrote							Promedio	Sig.
	1	2	3	4	5	6	7		
226796	0.4 ABd	1.3 Acd	1.7 Ac	3.8 Ab	5.3 Aa	5.4 Aa	5.8 Aa	3.4 A	****
255301	0.2 Bd	1.1 Ad	2.2 Acd	3.6 Abc	6.1 Aa	5.9 Aab	4.9 Aab	3.4 A	****
232098	0.6 Ac	1.4 Ac	2.1 Ac	4.0 Ab	5.0 Aab	4.03 Bb	6.0 Aa	3.3 A	****
Promedio	0.4 d	1.3 cd	2.0 c	3.8 b	5.4 a	5.1 a	5.6 a	2.3	****
Sig.	**	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	

No significativo; *p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001; ****p<0.0001; Diferente literal minúscula, en cada hilera, indican diferencia (P<0.05); Diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia (P<0.05).

Cuadro 3. Análisis de varianza de la relación hoja:tallo y su relación con el peso de hoja y tallo de tres genotipos de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), cosechados a diferente edad de rebrote, en la estación de primavera 2019.

Genotipo	Semanas de rebrote							Promedio	Sig.
	1	2	3	4	5	6	7		
226796	1.9 Bd	2.2 Aa	2.0 Ac	1.9 Ad	1.5 Be	2.1 Ab	1.3 Bf	1.8 A	****
255301	2.1 Aa	2.0 Bb	1.8 Bd	1.9 Ac	1.7 Ae	1.3 Bf	1.7 Ae	1.7 B	****
232098	1.2 Ce	1.4 Ca	1.2 Cd	1.4 Ba	1.3 Cb	1.3 Cc	1.1 Cf	1.3 C	****
Promedio	1.7 c	1.9 a	1.6 d	1.7 b	1.5 f	1.5 e	1.4 g	1.6	****
Sig.	****	****	****	****	****	****	****	****	****

No significativo; *p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001; ****p<0.0001; Diferente literal minúscula, en cada hilera, indican diferencia (P<0.05); Diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia (P<0.05).

Cuadro 4. Análisis de varianza de producción de hoja por tallo (g MS hoja tallo⁻¹) de tres genotipos de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), cosechados a diferente edad de rebrote, en la estación de primavera 2019.

Genotipo	Semanas de rebrote							Promedio	Sig.
	1	2	3	4	5	6	7		
226796	0.03 Ab	0.06 Aa	0.06 Ba	0.09 Ba	0.12 Ba	0.13 Aa	0.11 Ba	0.09 B	**
255301	0.04 Ad	0.06 Ac	0.10 Ab	0.12 Ab	0.14 Aa	0.14 Aa	0.21 Aa	0.11 A	****
232098	0.01 Bb	0.03 Ba	0.04 Ca	0.04 Ca	0.04 Ca	0.07 Ba	0.06 Ca	0.04 C	****
Promedio	0.03 d	0.05 cd	0.06 bcd	0.08 bc	0.10 b	0.11 b	0.13 a	0.08	****
SIG.	*	****	*	***	****	**	**	***	

No significativo; *p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001; ****p<0.0001; Diferente literal minúscula, en cada hilera, indican diferencia (P<0.05); Diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia (P<0.05).

Cuadro 5. Análisis de varianza del peso de tallo (g MS tallo⁻¹) de tres genotipos de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), cosechados a diferente edad de rebrote, en la estación de primavera 2019.

Genotipo	Semanas de rebrote							Promedio	Sig.
	1	2	3	4	5	6	7		
226796	0.02 Ac	0.03 Ac	0.03 Bc	0.05 Bb	0.08 Aa	0.06 Bb	0.08 Ba	0.05 B	****
255301	0.02 Af	0.03 Ae	0.05 Ad	0.06 Ac	0.09 Ab	0.11 Aa	0.12 Aa	0.07 A	****
232098	0.01 Bd	0.02 Ac	0.04 Aa	0.03 Cb	0.02 Bc	0.05 Ca	0.05 Ba	0.03 C	****
Promedio	0.02 e	0.03 de	0.04 cd	0.05 c	0.06 b	0.07 ab	0.09 a	0.05	****
SIG.	*	NS	*	**	**	****	**	****	

No significativo; *p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001; ****p<0.0001; Diferente literal minúscula, en cada hilera, indican diferencia (P<0.05); Diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia (P<0.05).

Cuadro 6. Análisis de varianza de la altura de la planta (cm) de tres genotipos de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), cosechados a diferente edad de rebrote, en la estación de primavera 2019.

Genotipo	Semanas de rebrote							Promedio	Sig.
	1	2	3	4	5	6	7		
226796	12 Ac	14 Bb	14 Bb	24 Aa	30 Aa	22 Ba	29 Ca	21 A	****
255301	12 Ad	16 Ad	20 Ac	27 Ab	32 Aa	34 Aa	39 Ba	25 A	****
232098	12 Ab	13 Bb	18 Ab	21 Ab	20 Bb	26 Bb	52 Aa	23 A	***
Promedio	12 d	14 d	17 cd	24 bc	27 bc	27 b	40 a	23	****
Sig.	NS	**	**	NS	****	*	**	NS	

No significativo; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$; **** $p < 0.0001$; Diferente literal minúscula, en cada hilera, indican diferencia ($P < 0.05$); Diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia ($P < 0.05$).

Cuadro 7. Análisis de varianza del área foliar del tallo (cm² AF tallo⁻¹) de tres genotipos de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), cosechados a diferente edad de rebrote, en la estación de primavera 2019.

Genotipo	Semanas de rebrote							Promedio	Sig.
	1	2	3	4	5	6	7		
226796	6.5 Ac	13.1 Ab	6.0 Bc	23.2 Aa	16.3 Bb	24.7 Aa	++	15 B	****
255301	7.3 Ad	12.4 Ac	11.4 Ac	24.1 Aa	19.8 Ab	27.3 Aa	++	17 A	****
232098	3.1 Bd	3.9 Bcd	3.4 Cd	5.5 Bbc	6.7 Cb	13.6 Ba	++	6 C	****
Promedio	5.6 e	9.8 d	6.9 e	17.6 b	14.3 c	21.9 a	++	12.7	****
Sig.	*	****	****	***	****	***	++	****	

No significativo; *p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001; ****p<0.0001; Diferente literal minúscula, en cada hilera, indican diferencia (P<0.05); Diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia (P<0.05). ++ = Datos no determinados.