

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



Análisis del crecimiento de trébol pata de pájaro
(*Lotus corniculatus* L.), en función de la edad de rebrote

Por:

JESÚS LANDEROS VELÁZQUEZ

TESIS

Presentada Como Requisito Parcial Para
Obtener El Título De:

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Noviembre del 2020

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**Análisis del crecimiento de trébol pata de pájaro
(*Lotus corniculatus* L.), en función de la edad de rebrote**

POR:

JESÚS LANDEROS VELÁZQUEZ

TESIS

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

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

Aprobada por:

Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez
Asesor Principal

Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coasesor

Dr. Alonso Méndez López
Coasesor

Dr. José Dueñez Alanís
Coordinador División de Ciencia Animal

Saltillo, Coahuila, México. Noviembre del 2020

RESUMEN

El objetivo fue determinar características morfológicas y de rendimiento de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) genotipo 232098 con y sin la inoculación de *Sinorhizobium meliloti*, en macetas bajo condiciones de invernadero. El estudio se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, del 4 de mayo al 22 de junio de 2019, bajo un diseño experimental completamente al azar, con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron rendimiento de forraje (RF), composición botánica y morfológica (CBM), relación hoja: tallo (R:H/T), altura de la planta (AP), área foliar por tallo (AFT) y radiación interceptada (RI). El RF presentó su máximo valor en la séptima semana con 6.2 g MS planta⁻¹ promedio. En el promedio general muestra mayor valor en el tratamiento inoculado respecto al sin inocular (4.0 vs 3.2 g MS planta⁻¹, respectivamente). En la CBM, el componente hoja, en ambos tratamientos, es la que mayor aporte hizo al rendimiento, registrando su mayor valor en la séptima semana con 4.5 g MS planta⁻¹. La R:H/T, no hubo diferencias entre tratamientos ($p>0.05$), sin embargo, registró una tendencia descendente conforme avanzó las semanas de rebrote, teniendo su máximo valor promedio en la semana uno con 4.0 respecto a 2.1 en la semana siete. El valor más alto de AP se registra en la semana siete, con 44 cm, en contraste registra el valor más bajo en la semana uno con 17 cm, no hubo diferencias entre tratamientos ($p>0.05$). El AFT presenta diferencias entre tratamientos ($p<0.05$), el inoculado mostró el valor más alto (8.3 cm² tallo⁻¹), respecto al sin inocular (7.0 cm² tallo⁻¹). Por su parte al RI, fue menor en las semanas uno y dos (31.5 % promedio), a partir de la semana tres hasta la siete se mantuvo en valores de 57 a 66 % RI, no obstante, no se presentaron diferencias entre tratamientos ($p>0.05$). En conclusión, la especie *Lotus corniculatus* L., Cv: 232098, se vio afectada por la edad de rebrote, y por la aplicación de inoculante con bacterias de *Rhizobium*, en el rendimiento de forraje y área foliar por tallo, no así en la relación hoja/tallo, altura de planta y porcentaje de radiación interceptada.

Palabras clave: *Lotus corniculatus* L., rendimiento de forraje, composición botánica y morfológica, radiación interceptada, altura de planta.

ABSTRAC

The objective was to determine the morphological and performance characteristics of the bird's foot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) genotype 232098 with and without *Sinorhizobium meliloti* inoculation, in pots under greenhouse conditions. The study was carried out at the Autonomous Agrarian University Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, from May 4 to June 22, 2019, under a completely randomized design, with three replications. The variables evaluated were; forage yield (RF), botanical and morphological composition (CBM), leaf: stem ratio (R:H/T), plant height (AP), leaf area per stem (AFT) and intercepted radiation (IR). The RF presented its maximum value in the seventh week with 6.2 g DM plant⁻¹, average. In the general average, it shows a higher value in the inoculated treatment compared to the non-inoculated treatment (4.0 vs. 3.2 g DM plant⁻¹, respectively). In CBM, the leaf component, in both treatments, is the one that made the greatest contribution to yield, registering its highest value in the seventh week with 4.56 g DM plant⁻¹. The R:H/T, there were no differences between treatments ($p>0.05$), however, without a downward trend as the regrowth weeks progressed, having its maximum average value in week one with 4.0 with respect to 2.1 in week seven. The highest AP value is recorded in week seven, with 44 cm, in contrast, the lowest value is recorded in week one with 17 cm, there were no differences between treatments ($p>0.05$). The AFT shows differences between treatments ($p<0.05$), the inoculated sample shows the highest value (8.3 cm² stem⁻¹), compared to the non-inoculated one (7.0 cm² stem⁻¹). For its part, the IR was lower in weeks one and two (31.5% average), from week three to seven it was selected in values of 57 to 66% IR, not included, the differences between treatments are not affected ($p>0.05$). In conclusion, the species *Lotus corniculatus* Cv: 232098, was affected by the regrowth age, and by the application of inoculant with *Rhizobium* bacteria, in the forage yield and leaf area per stem, not in the leaf:stem ratio, plant height and percentage of intercepted radiation.

Key words: *Lotus corniculatus* L., forage yield, botanical and morphological composition, intercepted radiation, plant height.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la oportunidad de existir en esta vida, la cual no ha sido fácil, pero tengo mucho que agradecerle, porque nunca me ha faltado lo esencial.

A mis padres, el Lic. Manuel de Jesús Landeros Vázquez y a mi madre la Sra. Margarita Velázquez Cisneros, por haberme brindado su apoyo en los momentos más difíciles durante mi estancia en la universidad.

A mi tío, el Lic. José Luis Landeros Vázquez, a quien considero como mi segundo padre, ya que siempre me motivo a salir adelante y a echarle muchas ganas.

A mis hermanos, la Lic. Manuela de Jesús Landeros Velázquez y a mi hermano el Lic. Crescencio Landeros Velázquez porque fueron un pilar fundamental en mi formación profesional y un ejemplo a seguir.

A mí cuñado, el Lic. Abelardo Gómez Torres por la motivación y convivencia tan agradable que pasábamos cuando iba de vacaciones a mi casa en Nieves, Zacatecas.

A mi primo, José Claudio Mireles Velázquez, actualmente alumno de la carrera de ingeniero agrónomo en producción, en esta misma institución, con quien tuve la dicha de contar con su apoyo en los momentos más difíciles, en los cuales siempre me ayudo.

A mi abuela[±], la profesora María de las Nieves Vázquez Salas, la cual lamentablemente ya no está con nosotros, desde niño siempre me aconsejo que no hay nada mejor que el estudio para una vida digna.

A Don Antonio Narro Rodríguez [±], quien dono su hacienda y fortuna para la fundación de mi alma mater, por los beneficios que me brindo como estudiante, siendo una institución muy noble, ya que me brindo la posibilidad de tener una formación profesional de calidad en el sector silvoagropecuario, apoyándonos con becas académicas, comedor, internado y transporte, lo cual es algo que muy pocas universidades públicas ofrecen en México.

Al **Dr. Perpetuó Álvarez Vázquez**, por brindarme la confianza, para ser parte de su proyecto de investigación, por su apoyo, motivación y paciencia, que me brindo durante el desarrollo de mi tesis, por su amabilidad, nobleza y humildad sobre todo una persona muy dedicada a su trabajo, excelente profesor investigador de la universidad.

Al **Dr. Gabriel Gallegos Morales, Dr. Alonso Méndez López** por su asesoría, revisiones, sugerencias y aportaciones las cuales fueron de gran ayuda para la edición de mi tesis.

DEDICATORIA

Este documento va dedicado en especialmente para todas aquellas personas que considero importantes en mi vida por mencionar:

A mis padres el Lic. Manuel de Jesús Landeros Vázquez y a mi madre la Sra. Margarita Velázquez Cisneros.

A mi tío el Lic. José Luis Landeros Vázquez.

A mis hermanos la Lic. Manuela de Jesús Landeros Velázquez y a mi hermano el Lic. Crescencio Landeros Velázquez.

A mi abuela la maestra María de las Nieves Vázquez Salas †

A mi tío el Sr. Alfonzo Vázquez Salas †

A mi tío el Sr. Silvano Vázquez Salas †

A mi abuelo el Sr. Florencio Velázquez Rodríguez †

Quienes lamentablemente ya no están con nosotros, agradezco ampliamente su apoyo tanto económico como emocional para concluir con mi formación profesional.

INDICE GENERAL

I.INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general.....	3
1.2 Objetivos particulares	3
1.3 HIPÓTESIS.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Descripción de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.)	4
2.1.1 Origen de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.).....	4
2.1.2 Descripción botánica de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.).....	5
2.1.3 Descripción agronómica de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.)	7
2.1.4 Características forrajeras de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.).....	8
2.1.5 Inoculación de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.).....	9
2.1.6 Enfermedades de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.)	10
2.4 Requerimientos de adaptabilidad de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.)	13
2.4.1 Ambientales.....	13
2.4.2 Edafológicos	13
2.5 Meteorismo en rumiantes y su relación con el consumo de <i>Lotus corniculatus</i> L.....	15
2.5.1 Proceso del meteorismo	15
2.5.2 Bondades de <i>Lotus corniculatus</i> L. respecto al meteorismo.....	16
2.6 Análisis de crecimiento en plantas.....	17
2.6.1 Análisis de crecimiento en trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.).....	18
2.7 Factores que afectan un nuevo crecimiento de las plantas	18
2.7.1 Reservas de carbohidratos.....	19
2.7.2 Meristemas de crecimiento	20
2.7.3 Índice de área foliar	21
2.7.4 Radiación solar e intercepción luminosa	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1 Localización y descripción del sitio experimental.....	23

3.2 Condiciones meteorológicas	23
3.3 Material genético.....	24
3.4 Diseño experimental	24
3.5 Variables medidas y calculadas.....	25
3.5.1 Rendimiento de forraje	25
3.5.2 Composición botánica y morfológica	26
3.5.3 Relación Hoja: Tallo (R: H/T)	26
3.5.4 Altura de planta.....	26
3.5.5 Área foliar por tallo.....	27
3.5.6 Radiación interceptada	27
3.6 Análisis estadístico	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1 Rendimiento de forraje.....	29
4.3 Relación hoja:tallo.....	37
4.4 Altura de planta.....	39
4.5 Área foliar por tallo.....	41
4.6 Radiación interceptada	39
V. CONCLUSIONES.....	41
VI. LITERATURA CITADA	42
VII. ANEXOS.....	53

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Enfermedades de <i>Lotus corniculatus L.</i> y su porcentaje de incidencia.....	10
Cuadro 2. Análisis de varianza de rendimiento de forraje (g MS planta ⁻¹) en trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus L.</i>), sometida a diferentes edades de cosecha.....	53
Cuadro 3. Análisis de varianza de relación hoja/ tallo (R:H/T) en trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus L.</i>), sometida a diferentes edades de cosecha.....	54
Cuadro 4. Análisis de varianza de altura de planta cm en trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus L.</i>), sometida a diferentes edades de cosecha.....	55
Cuadro 5. Análisis de varianza de área foliar (cm ² tallo ⁻¹) trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus L.</i>), sometida a diferentes edades de cosecha.....	56
Cuadro 6. Análisis de varianza de radiación interceptada (%) en trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus L.</i>), sometida a diferentes edades de cosecha.....	57

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución mundial de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.) en 1972, (Open Street Map Tiles, GBIF. Consultada 26 de febrero del 2020).....	4
Figura 2. Distribución mundial de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.) en 1975, (Open Street Map Tiles, GBIF. Consultada 26 de febrero del 2020).....	5
Figura 3. Distribución mundial actual de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.) (Open Street Map Tiles, GBIF. Consultada 26 de febrero del 2020).....	5
Figura 4. Descripción botánica, planta de <i>Lotus corniculatus</i> L.....	7
Figura 5. Síntomas de enanismo en una planta de <i>Lotus corniculatus</i> L.	11
Figura 6. Síntomas de marchitamiento en una planta de (<i>Lotus corniculatus</i> L.) con infección incipiente.....	11
Figura 7. Síntomas de marchitamiento en una planta de <i>Lotus corniculatus</i> L. con infección severa.	12
Figura 8. Síntomas de podredumbre de corona y raíz en plantas de (<i>Lotus corniculatus</i> L.).....	12
Figura 9. Temperaturas máximas, medias y mínimas durante el periodo de estudio (04 de mayo al 22 de junio de 2019).	24
Figura 10. Sensor quantum (Apogee instruments Ownwr’s manual).	28
Figura 11. Rendimiento de forraje (g MS planta ⁻¹) de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i> L.) sin inocular e inculado con una cepa de <i>Sinorhizobium meliloti</i> , cosechado a diferente edad de rebrote.....	30
Figura 12. Composición Botánica y Morfológica (CBM) de <i>Lotus corniculatus</i> L., genotipo 232098, cosechado a diferente edad de rebrote.	1

Figura 13. Relación hoja:tallo (R: H/T) de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus L.</i>) sin inocular e inculado con una cepa de <i>Sinorhizobium meliloti</i> , cosechado a diferente edad de rebrote.....	38
Figura 14. Altura de planta (cm) (<i>Lotus corniculatus L.</i>) sin inocular e inculado con una cepa de <i>Sinorhizobium meliloti</i> , cosechado a diferente edad de rebrote.	40
Figura 15. Área foliar por tallo (cm ² tallo ⁻¹) de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus L.</i>) sin inocular e inculado con una cepa de <i>Sinorhizobium meliloti</i> , cosechado a diferente edad de rebrote.....	42
Figura 16. Intercepción luminosa (%) de trébol pata de pájaro de trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus L.</i>) sin inocular (Testigo) e inculado con una cepa de <i>R Sinorhizobium meliloti</i> , cosechado a diferente edad de rebrote.....	40

I.INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina, es una de las más importantes actividades económicas del sector agropecuario y forestal en México, debido a que contribuye de manera importante a la oferta de productos cárnicos y lácteos, los cuales en términos del artículo 179 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, son considerados el grupo de los productos básicos y estratégicos para la población (SAGARPA, 2001). Genera una cantidad importante de divisas con la comercialización de ganado en pie, ya que las condiciones ecológicas en la mayoría de las regiones del país, favorecen el desarrollo de unidades productivas con diferentes características técnicas. En 2007, México exportó ganado en pie a los Estados Unidos de América, por un valor de 480 millones de dólares, y se ubicó en el segundo lugar después de Canadá como proveedor del mercado norteamericano (SAGARPA, 2001). Lo que representó el 25% del total importado por los Estados Unidos de América, Sin embargo, en ese mismo año México importó alrededor de 704 millones de dólares de carne, principalmente de bovino (Department of Commerce, 2007).

Para sustentar esta producción, se estima que en México se siembra un total de 1,549,949 hectáreas de cultivos forrajeros, con una producción de 18, 569, 831 ton ha⁻¹ anuales (SIAP, 2012). En relación a las leguminosas (Fabaceae), la especie forrajera de clima templado más común es la alfalfa (*Medicago sativa* L.), la cual tiene buenas cualidades, pero sus requerimientos de agua son altos (Lloverás, 1999; Medrano *et al.*, 2007). Además, puede causar timpanismo, derivada de la alta cantidad de proteína foliar que es degradada rápidamente por los microorganismos del rumen (Spangenberg, 1999).

No obstante, dentro de esta gama de forrajes, hay una leguminosa perenne poco conocida en México como el caso de *Lotus corniculatus* L., llamada comúnmente "trébol pata de pájaro" (García-de los Santos y Steiner, 2003). Por su origen europeo, esta especie se adapta principalmente a climas templados y fríos, aunque crece también en latitudes tropicales y subtropicales y es apropiada para suelos que van

desde arcillosos hasta arenosos, secos e inundados (Jones y Turkington, 1986; Acuña, 1998). Esta especie tolera pH de 5.5 a 7.5 (Canals *et al.*, 2009), y se adapta a suelos poco fértiles (Striker *et al.*, 2005), condiciones limitativas para el trébol rojo y blanco (Grant, 2009). Por lo tanto, es importante describir nuevas especies forrajeras, sobresalientes en producción de materia seca y desarrollar nuevas estrategias de manejo que abonen a un mayor conocimiento sobre el comportamiento productivo de esta especie. Por lo anterior, se establecieron los siguientes objetivos.

1.1 Objetivo general

Determinar el comportamiento productivo de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus L.*) genotipo 232098 con y sin la inoculación de la cepa *Sinorhizobium meliloti* en macetas bajo condiciones de invernadero.

1.2 Objetivos particulares

Establecer la curva de crecimiento en la estación de primavera, para determinar el comportamiento productivo de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus L.*) con y sin inoculación de una cepa *Sinorhizobium meliloti*.

Calcular la acumulación de forraje con base a la edad de rebrote, componentes del rendimiento y composición botánica de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus L.*) con y sin la inoculación de una cepa de *Sinorhizobium meliloti*.

1.3 HIPÓTESIS

Conforme aumenta la edad de rebrote de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus L.*) con y sin inoculación de *Sinorhizobium meliloti* se incrementa el rendimiento, radiación interceptada, altura de la planta, sin embargo, se reduce la relación hoja:tallo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

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

2.1.1 Origen de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.)

Es una especie nativa de Europa y Asia, usada para pastoreo y algunas veces para heno, se cultiva en América del Norte, su distribución va desde el noreste al oeste central de Estados Unidos y hasta el sureste de Canadá con cerca de 1 millón de ha cultivadas, se reportan alrededor de 200.000 ha cultivadas en Australia, Nueva Zelanda y América del Sur, es una planta característica de los pisos montano y subalpino (Escaray, 2012).

En las figuras siguientes se muestra la distribución mundial de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), a través de diversos años analizados, hasta su llegada a México.

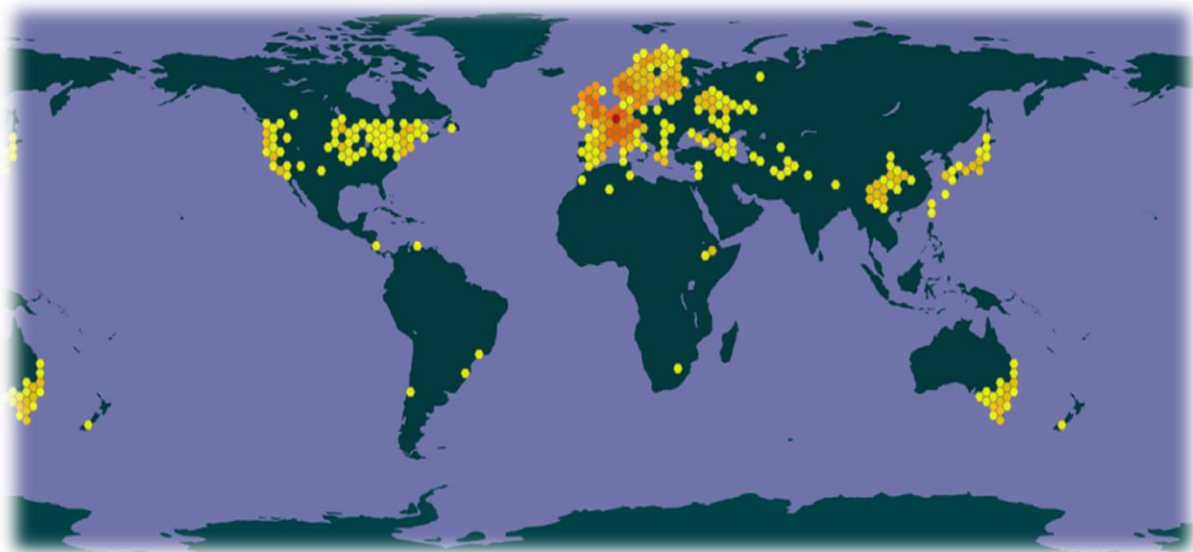


Figura 1. Distribución mundial de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) en 1972, (Open Street Map Tiles, GBIF. Consultada 26 de febrero del 2020).

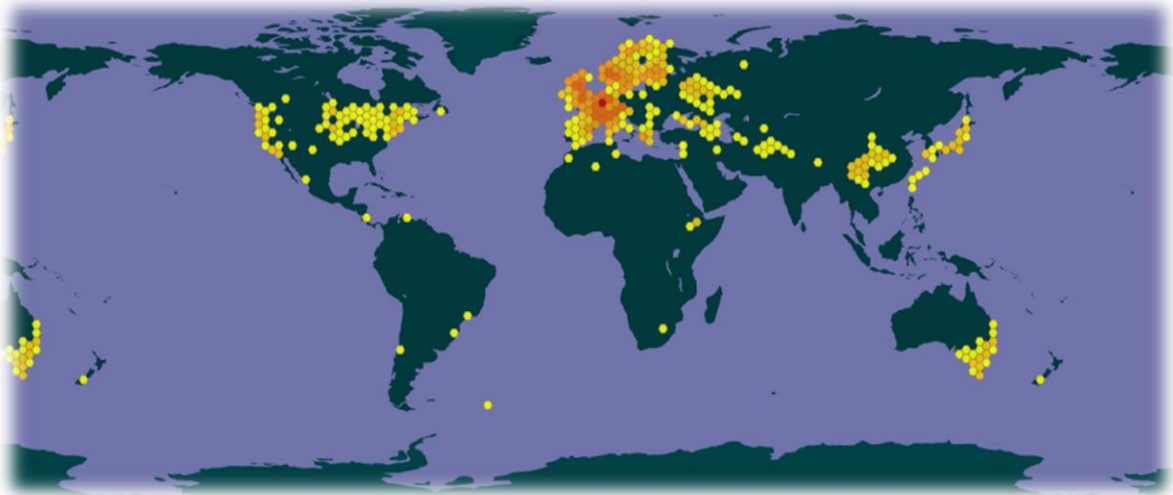


Figura 2. Distribución mundial de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) en 1975, (Open Street Map Tiles, GBIF. Consultada 26 de febrero del 2020).

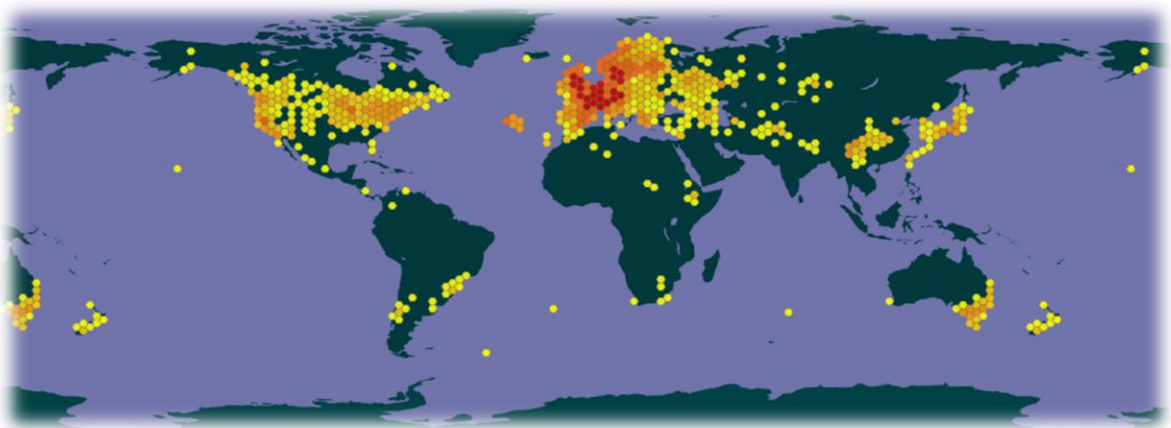


Figura 3. Distribución mundial actual de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) (Open Street Map Tiles, GBIF. Consultada 26 de febrero del 2020).

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

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

ésta también surge una raíz pivotante la cual presenta nódulos debido a la existencia de *Rizobios* nativos en el suelo, los cuales fijan nitrógeno atmosférico transformándolo a nitratos y nitritos para poder ser asimilados por las plantas (Bullard y Crawford, 1995).

Presenta hojas sésiles (sin peciolo) de cinco foliolos dispuestos como los dedos de una mano: uno terminal, dos opuestos y otros dos en la base del raquis, a modo de estípulas desarrolladas, los foliolos alcanzan una longitud nunca superior a los 17 mm, con una forma ovoidea, el pedúnculo en el que se inserta la inflorescencia en umbela es de origen axilar. Su corola es amarilla, con la forma típica que presentan las leguminosas: de simetría zigomorfa con cinco pétalos (estandarte, quilla y dos alas). El cáliz presenta sépalos de igual longitud y derechos (Seaney y Henson, 1970).

El androceo no cuenta con más de 11 estambres, el fruto es una legumbre de dehiscencia longitudinal, de menos de 4 mm de grosor, tiene la forma característica de una pata de pájaro (carácter del cual toma su nombre común en inglés: “birdsfoot trefoil”). Esta planta contiene de 10 a 30 semillas por fruto o vaina, el cual tiene un alto grado de dehiscencia en la madurez, retorciéndose en forma de espiral, especialmente cuando su humedad es inferior al 40%, por lo que es de suma importancia monitorear los estados fenológicos de la plantas ya que cuando llega al estado de semillazon, sus semillas salen disparadas, por lo cual para fines de producción de semilla se deben cosechar antes, para que tras su recolección no disminuya el rendimiento en producción de semilla por unidad de superficie. Su semilla es redonda de 1 a 1,5 mm de diámetro, de color marrón a veces punteadas de violeta (Lowther, 1991).

Al principio el desarrollo de la plántula es lento, así como el de la raíz. Esta llegará a ser de mayor profundidad a las del trébol rojo (*Trifolium pratense*), pero nunca será mayor a la de la alfalfa. Si la competencia por la luz o el agua es alta en este primer periodo, la especie no se desarrollará. Al llegar el otoño el fotoperiodo decreciente detiene el desarrollo de los tallos axilares y es cuando el volumen de reservas aumenta discretamente. Su crecimiento es más lento que el de la alfalfa, ya que ésta presenta un mayor índice de área foliar (IAF), una mejor geometría en la

distribución foliar y por lo tanto una mayor eficiencia en el uso de la luz (Scott y Charlton, 1995).



Figura 4. Descripción botánica de la especie trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.)

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

Por sus características agronómicas, es un forraje que tiene un buen potencial de adaptabilidad en México, pudiéndose establecer en diversas regiones a lo largo y ancho del país, y utilizando su rendimiento en materia seca para agregar a las dietas que se suministran a explotaciones pecuarias intensivas, ya sea establos lecheros o engorda de becerros. Debido a la presencia de taninos condensados no produce meteorismo, podría considerarse una opción de forraje para utilizarse en pastoreo rotacional, mediante praderas establecidas en la producción ovina y bovina. Lamentablemente en México no existe su venta de semilla para siembra en campo abierto o grandes extensiones de terreno, los genotipos que se encuentran en el país son utilizados en diversas universidades e instituciones agrarias con fines de investigación, experimentación y desarrollo. Su distribución comercial en compañías de semillas transnacionales, mediante normas establecidas, podría favorecer campos

agrícolas y praderas inducidas en México. Esta especie no produce meteorismo en pastoreo, lo cual es una gran ventaja, ya que, en praderas artificiales y tecnificadas los rumiantes podrán apacentar sin ningún problema de meteorismo, lo cual reduciría el impacto económico causado por meteorismo en México, además de ser una especie de insumos reducidos en el proceso productivo (Barry y McNabb, 1999).

2.1.4 Características forrajeras de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.)

Algunos estudios realizados con esta especie de leguminosa sobre su capacidad de producción de forraje indican que puede ir de 4,799 a 13,300 kg de MS ha⁻¹. En cuanto a su calidad nutritiva, se reportan concentraciones de proteína cruda entre 14.6 y 28.6 % (Arzani *et al.*, 2006; Fulkerson *et al.*, 2006; Scharenberg *et al.*, 2007). Por su parte, Fulkerson *et al.* (2006), encontraron un contenido de 20.9 % de proteína degradada en rumen superior al óptimo 11 %; y otros valores de 77 % y proteína metabolizable del 10.9 %, similares a la alfalfa en un clima templado cálido de Australia. La fibra insoluble en detergente neutro (FDN) se reporta entre 27.4 y 48 %, valores de fibra detergente ácido (FDA) entre 22.9 y 29.1 % y la digestibilidad varía de 61.2 a 71.6% y no causa timpanismo, atribuido a la mayoría de las leguminosas forrajeras.

En los últimos años el uso de *Lotus corniculatus* L. en predios con esquemas intensivos de producción de forraje aumentó en forma considerable. Características tales como: amplio rango de adaptación a variadas condiciones de suelo con buenas producciones de forraje (Formoso y Allegri, 1980), ausencia de riesgo de meteorismo (Seaney y Henson, 1970, Marten y Jordán, 1979), menores requerimientos de fósforo en relación a trébol blanco (*Trifolium repens*) y trébol rojo (*Trifolium pratense*), para obtener altas producciones de forraje (Puig y Ferrando, 1983), buen valor nutritivo durante la estación de crecimiento, justifican su uso (Marten y Ehle, 1984). Las sugerencias de aumentos en la carga animal, como estrategia para seguir aumentando las producciones de leche, carne o lana por hectárea (Duran 1991; Bianchi 1982; Risso *et al.*, 1982; Castro y Ganzábal, 1988) requieren de una base de datos lo más completa

posible sobre la cual sustentar con un grado razonable de seguridad la planificación racional del esquema forrajero aplicado. Los informes de campo para predios ganaderos (Crempien C. 1983) y establecimientos lecheros. Apuntan en tal sentido. (Leborgne R. 1984).

2.1.5 Inoculación de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.)

En algunos países como Uruguay, la inoculación de las leguminosas es una práctica generalizada a nivel de productor pues la fijación biológica de nitrógeno es un proceso con muy alto impacto en la producción de los sistemas agropecuarios. Sin embargo, ese impacto productivo está condicionado por la especie de leguminosa y por la historia de chacra, pudiendo en ciertos casos, decidir el éxito o el fracaso de la implantación. No obstante, aunque los *rizobios* son habitantes normales de los suelos, aún en ausencia de su leguminosa huésped por lo cual cada chacra hay *rizobios* que provienen tanto de la población nativa como de anteriores inoculaciones (Boyce y Volenec, 1992).

En consecuencia, cuando se siembra una leguminosa, esos rizobios que están en el suelo afectarán de acuerdo a sus características la nodulación y establecimiento de la leguminosa introducida, en el caso de *Lotus corniculatus* L. y *Lotus tenuis* existe una población de rizobios nativos que es efectiva en estas especies, por lo que en caso de fallas en la inoculación se van a formar nódulos efectivos a partir de la población del suelo, aunque perdiendo producción debido a que la cepa del inoculante es más eficiente que las del suelo pero en otros casos, la población nativa o naturalizada del suelo está constituida por rizobios parásitos, ahora analizando la cepa comercial de *Lotus corniculatus* y *Lotus tenuis* es una cepa muy eficiente en estas especies y además, tiene alta capacidad de persistencia, lo cual es ventajoso para futuras siembras de estas especies, es una dificultad cuando se pretende sembrar posteriormente otras especies del género *Lotus* no compatibles simbióticamente con las anteriores, actualmente esto sucede con *Lotus subbiflorus* (Rincón) o *Lotus pedunculatus* (Keoghan y Burgess, 1987).

2.1.6 Enfermedades de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.)

Las enfermedades constituyen una limitante potencial para la producción y persistencia de especies del género *Lotus*. Generalmente, son varios los patógenos que están presentes simultáneamente, lo que se conoce como «complejo de enfermedades» (Berkenkamp *et al.*, 1972). Estos patógenos interactúan con los factores ambientales para causar debilitamiento y muerte de las plantas, una declinación prematura del stand. La problemática se torna más relevante aún con el aumento considerable en el área sembrada año tras año (Beuselinck, 1988). La investigación en otros países ha demostrado que este «complejo de enfermedades» puede reducir significativamente la producción y persistencia del *Lotus* (Leath, 1989).

A continuación, se muestran las enfermedades de *Lotus corniculatus* L. y su porcentaje de incidencia.

Cuadro 1. Enfermedades de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) y su porcentaje de incidencia.

Enfermedad	Incidencia (%)
Marchitez /pudrición de corona y raíz	82
Enanismo	15
No identificada	3

Analizando la tabla anterior se concluye que las enfermedades más comunes en *Lotus* son aquellas que producen la marchitez, pudrición de corona y raíz con una incidencia del 82 %, el 15 % causado por enanismo (Figura 5) y un 3 % por enfermedades no identificadas (*Graphognatus leucoloma*) (Alzugaray, 1991).



Figura 5. Síntomas de enanismo en una planta de *Lotus corniculatus* L.



Figura 6. Síntomas de marchitamiento en una planta de (*Lotus corniculatus* L.) con infección incipiente.



Figura 7. Síntomas de marchitamiento en una planta de *Lotus corniculatus* L. con infección severa.



Figura 8. Síntomas de podredumbre de corona y raíz en plantas de (*Lotus corniculatus* L.)

2.4 Requerimientos de adaptabilidad de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.)

2.4.1 Ambientales

Trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), está adaptado a climas fríos y húmedos, sin embargo, las variedades de mayor uso son utilizadas en zonas de altas temperaturas y sequías, a lo que no responde mal, por lo general es una planta bastante rústica. Acepta dos épocas de siembra: otoño y primavera, en otoño responde muy favorablemente si no sobrevienen sequías, se puede desarrollar bien antes de que empiecen las bajas temperaturas y las heladas invernales, por su parte, siembras en primavera generalmente va a ser más favorable, una vez germinadas al ir incrementándose las temperaturas, el fotoperiodo y la intensidad de luz, el crecimiento no se verá interrumpido, por lo anterior, se debe de tomar muy en serio el periodo de siembra, si se pretende establecer en algunas regiones del norte de México, para un óptimo desarrollo tomando en cuenta no sembrarlas en lugares donde las temperaturas máximas sobrepasan los 30°C, ya que la especie tendría problemas de adaptación. La parte basal de la planta y sombreadas no tienen crecimiento vegetativo apreciable y son poco apetecidas por el ganado, por lo que es una especie exigente en luz y sus temperaturas máximas estivales están comprendidas entre los 16 y 27 °C soportando relativamente la sequía en esta época. Su temperatura óptima de crecimiento se da sobre los 22 °C (Izaguirre y Beyhaut 1998).

2.4.2 Edafológicos

Esta especie no es exigente en cuanto a suelo. Persisten en aquellos de baja fertilidad de fósforo y potasio, donde otras leguminosas como los tréboles rojo (*Trifolium pratense*), blanco (*Trifolium repens*) o la alfalfa (*Medicago sativa*) no prosperarían, prefiere pH ligeramente ácidos, tolerando cierta salinidad, suelos compactos y húmedos, aunque vive en toda clase de suelos, silíceos o calizos (Edmeades *et al.*, 1991).

Tomando en cuenta su establecimiento en suelos poco fértiles en México, en comparación con alfalfa (*Medicago sativa*), el trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), reduciría los costos de producción ya que sus requerimientos nutricionales son más bajos, por lo cual las dosis de fertilizante serían menores y se aplicarían menores láminas de riego (Seaney y Henson 1970).

2.4.2.1 Efectos de la acidez del suelo

Lotus corniculatus L. prefiere pH ligeramente ácidos, que van desde 5.5 a 6.8, y también tolera cierta salinidad presente en el suelo.

La acidez del suelo afecta a las plantas de distintas formas:

- 1) En la disponibilidad de los nutrientes.
 - 2) Toxicidad por ciertos metales y reacción con microorganismos benéficos.
- (Brady, 1974; Adams, 1981).

Las plantas toman los nutrientes como iones en forma simple, desde la solución del suelo. Los nutrientes adheridos a los sitios de intercambio de las partículas del suelo están en equilibrio con los de la solución del suelo y también pueden llegar a estar disponibles para las plantas, los nutrientes que forman parte de los minerales insolubles no están disponibles para las plantas, pero estos nutrientes son también llamados "nutrientes fijos" (Seaney y Henson, 1970; Langer, 1972; Duke, 1981).

La acidez del suelo actúa sobre la disponibilidad de los nutrientes para las plantas. La mayoría de los nutrientes se encuentran disponibles a un pH de 5.8 a 6.5 (ligeramente ácido), estas ventajas, emanadas por niveles altos de acidez del suelo, son sobrellevadas por el género *Lotus* mediante la presencia de un sistema radicular, extenso y vigoroso, cuya trama densa en los distintos horizontes del suelo lo permiten también enfrentar condiciones extremas de humedad por mal drenaje o carencias marcadas por sequías y por supuesto se puede enfatizar que la adaptación de los *Lotus* a suelos ácidos y de baja fertilidad. La tolerancia que presentan a niveles altos de aluminio, hacen que esta especie sean muy atractivas para sistemas que utilizan

insumos en forma reducida, tal sería en caso en algunas regiones áridas y semiáridas de México, los cuales presentan características muy marcadas con suelos ácidos y de baja fertilidad además de la escasez de agua, temporales muy malos y los altos costos de producción por bombear agua extraída de pozos muy profundos, en estas situaciones es una excelente opción cultivar *Lotus corniculatus* L. en lugar de *Medicago sativa* tomando en cuenta el aspecto económico y que no produce meteorismo en los rumiantes (Boyce y volenec,1992).

2.5 Meteorismo en rumiantes y su relación con el consumo de *Lotus corniculatus* L.

2.5.1 Proceso del meteorismo

El meteorismo o timpanismo es una condición que se observa en rumiantes, caracterizada por una anormal distensión del rumen, debido a la acumulación de gas. La micro flora del rumen (bacterias y protozoarios) en condiciones normales, produce grandes cantidades de gas durante la digestión de los alimentos, el cual, normalmente, es eliminado por la eructación, pero durante el meteorismo el animal no puede eliminar esos gases produciéndose una severa distensión ruminal que termina comprimiendo al corazón y los pulmones, muriéndose los animales por asfixia. El meteorismo espumoso de los bovinos en pastoreo es un disturbio digestivo que consiste en la formación de pequeñas burbujas de espuma que retienen los gases producidos durante la fermentación ruminal, impidiendo su eliminación por eructación. La incidencia de meteorismo espumoso en bovinos ha aumentado mundialmente debido al incremento de pasturas cultivadas (Strasburger et al., 1979).

El meteorismo espumoso está relacionado primariamente con campos mejorados, especialmente praderas artificiales. En estos casos se debe tener en cuenta, para conocer la capacidad de producir meteorismo por parte de una pradera, la presencia de especies meteorógenas (productoras de meteorismo) su proporción y su estado de crecimiento. Fundamentalmente, el factor desencadenante del

timpanismo espumoso es el consumo, por los animales de praderas con más de 50% de su composición total formada por leguminosas, las más peligrosas son: Alfalfa (*Medicago sativa*, trébol blanco (*Trifolium repens*) y trébol rojo (*Trifolium pratense*). (Lees *et al.*, 1981; Howarth *et al.*, 1982). Numerosos son los factores de riesgo que predisponen a la ocurrencia de esta afección. Es la interrelación entre ellos lo que hace que aparezca el meteorismo. Esto implica que no existe una única causa de producción de la enfermedad sino una combinación de muchas de ellas, lo que implica que en el control de esta afección se deban tomar medida tratando de evitar muchas de estas causas (Ramos *et al.*, 1998). El equilibrio entre los agentes productores de espuma (espumógenos) y los que destruyen la espuma (espumo líticos) mantendría la espuma en valores aceptables en el animal. Un desvío hacia la predominancia de los factores espumógenos determina la aparición de meteorismo espumoso. Vamos a dividir los distintos factores para su mejor comprensión, pero no hay que dejar de recordar que es la combinación de todos ellos lo que hace aparecer el problema (Ramos *et al.*, 1998).

2.5.2 Bondades de *Lotus corniculatus* L. respecto al meteorismo

Especies del género *Lotus* carece de estas propiedades, que produzcan timpanismo, por lo que se aconseja dentro de las medidas de control, pero generalmente el estado de desarrollo de la planta, es quien finalmente determina la aparición de los problemas. Cuando las leguminosas se encuentran en la etapa de rápido crecimiento y el material es tierno, acuoso y con gran contenido de hojas es cuando se pueden producir los casos de meteorismo (Lees *et al.*, 1981; Howarth *et al.*, 1982). La presencia de taninos condensados en especies cultivadas del género *Lotus* ha sido documentada en numerosas oportunidades, habiéndose demostrado que dichas sustancias tienen la capacidad de unirse a las proteínas solubles, tanto de la saliva como de las hojas, de los tallos y precipitar junto a ellas; impidiendo la formación de espumas estables en el rumen, lo cual de no ser así, provoca el meteorismo en otras leguminosas de uso común como alfalfa y tréboles blanco y rojo, en estas especies, pertenecientes a los géneros (*Medicago sativa* y *Trifolium pratense*), las

proteínas presentes en el rumen actúan como surfactantes, liberándose gases y formándose espuma estable lo cual causa meteorismo en los rumiantes. Por su parte la especie *Lotus corniculatus L.* es una especie que no produce meteorismo en pastoreo, lo cual es una gran ventaja, ya que, en praderas artificiales y tecnificadas los rumiantes podrán apacentar sin ningún problema de meteorismo, lo cual reduciría el impacto económico causado por meteorismo en México, además de ser una especie de insumos reducidos en el proceso productivo. (Barry y McNabb, 1999).

2.6 Análisis de crecimiento en plantas

El crecimiento es el aumento irreversible de las dimensiones de un organismo (Salisbury et al., 2000). Puede ser medido como cambios en la altura, volumen o 20 peso seco de una planta con el tiempo (Hunt, 2002). El crecimiento es producto de procesos fisiológicos y cambios morfológicos en las plantas y puede ser analizados a intervalos de tiempo, relativamente largos, empleando gran número de plantas; o a intervalos de tiempo más cortos en un pequeño número de plantas, apoyándose con procedimientos matemáticos simples o de regresión lineal simple (Hunt, 1978). Con los datos de altura y peso seco de diferentes plantas o cultivos, a diferentes intervalos de tiempo, se elabora la curva de crecimiento para comparar el potencial de crecimiento en determinadas condiciones ambientales o de manejo (Hunt, 1978; Salisbury et al., 2000; Hunt, 2002).

La curva típica de crecimiento para diversos cultivos anuales y perennes tienen forma de "S" y es llamada curva sigmoidea; en donde, las tres fases principales que pueden observarse en este tipo de curva son: la fase logarítmica, la fase lineal y la fase de senescencia (Bidwell, 1979; Salisbury et al., 2000). Esto es, inicialmente las plantas crecen de manera lenta, posteriormente experimentan un rápido y continuó crecimiento hasta alcanzar su potencial genético para crecer, y finalmente ocurre el cese del crecimiento debido a la madurez y senescencia de las plantas (Bidwell, 1979).

2.6.1 Análisis de crecimiento en trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.)

Las producciones de forrajes anuales y estacionales de *Lotus cv.* San Gabriel registra los mayores valores en el segundo año. A partir del mismo decrecen con el aumento en la edad del cultivo. La principal causa de la disminución productiva del cultivo es la pérdida progresiva del stand, originada por la muerte de plantas por *fusariosis*. Con el aumento en la edad del cultivo, la producción anual de forraje se concentra progresivamente cada vez más en primavera-verano y consecuentemente cada vez menos en otoño invierno. Tasas de crecimiento mensual de producción de materia seca inferiores a 10 kg MS/ha/día se registran sólo en mayo en la edad dos, de abril a agosto en la edad 3 y de marzo a agosto en la edad cuatro, las concentraciones medias mensuales de materia seca digestible y proteína cruda fueron máximas en septiembre, 72,7 y 22,4 respectiva mente, disminuyendo con el avance en la estación de crecimiento a valores mínimos de 61,0 y 18,6% respectivamente. A partir de la edad dos, el cv. Estanzuela Ganador es superior al cv. San Gabriel incrementándose las diferencias productivas a favor del primero con el aumento en la edad del cultivo por mayor longevidad de las plantas. Por cada mes de atraso en la siembra duran te el período comprendido entre marzo y junio, la producción de forraje entre la siembra y el 31 de diciembre disminuye 938 kg MS-ha⁻¹. El atraso en el mes de siembra modifica la relación entre la producción de forraje de la primera primavera/primer verano. Dada la importancia forrajera del *Lotus* en la región y la gran incidencia que tiene la *fusariosis* sobre la persistencia productiva de la especie, deberían incrementarse los recursos asignados en la búsqueda de resistencia genética (Hunt, 1978; Brougham citado por Da Silva y Nascimento Jr., 2007)

2.7 Factores que afectan un nuevo crecimiento de las plantas

Las plantas forrajeras perennes tienen la capacidad de regenerar su tejido vegetal después de cada corte o apacentamiento, si la temperatura del aire y suelo, fertilidad del suelo, y disponibilidad de agua no sean restrictivos para el crecimiento. Para lograr este potencial en praderas comerciales la cosecha debe realizarse cuando

la planta ha restituido sus reservas de carbohidratos y producido las yemas para el próximo crecimiento. A este nuevo crecimiento se le llama rebrote, un nuevo ciclo de crecimiento o acumulación de materia seca con el tiempo (Hunt, 1978; Brougham citado por Da Silva y Nascimento Jr., 2007). Los primeros trabajos que describen al rebrote con una curva sigmoidea fueron los realizados por Brougham quien reportó las tres fases para la acumulación de la materia seca en cada rebrote. Para la primera fase, asoció el crecimiento a las reservas orgánicas en las raíces y base de los tallos y al área residual de hojas fotosintéticamente activas. Para la segunda, reportó constante acumulación lineal de la materia seca. Para la tercera fase, observó la máxima acumulación de materia seca y aumento en la senescencia de las hojas. Según Hodgson (1990) el ciclo de crecimiento de un rebrote ha concluido cuando se alcanzó la máxima acumulación de materia seca y el sombreado de las hojas causa que las plantas estén en punto de compensación, desde el punto de vista fisiológico. La capacidad de rebrote de las plantas forrajeras perennes depende factores propios de las plantas (reservas de carbohidratos en raíces y bases de los tallos, área foliar residual, tasa de amacollamiento, concentración de hormonas), del suelo (disponibilidad de nutrientes y agua) y clima (temperatura y radiación solar) que influyen en la fotosíntesis y la habilidad para competencia intra e inter específica (Del Pozo, 1983; Briske, 1991).

2.7.1 Reservas de carbohidratos

Los carbohidratos de las plantas se dividen en dos grupos: estructurales y no estructurales (CNET). Los primeros forman parte de la pared celular (Bernal, 1991) y entre éstos se encuentran la celulosa, la hemicelulosa y la pectina. Estos, son causantes de la fibrosidad del alimento, no están disponibles para el metabolismo energético de la planta, son insolubles en agua y poseen una fermentabilidad potencial lenta y limitada. La pectina constituye una excepción ya que es completamente fermentable en el rumen (Pichard y Alcalde, 1990). Los segundos se almacenan en órganos vegetativos como raíces, rizomas, estolones, coronas y parte inferiores del tallo (Botrel y Gomide, 1981; Tejos, 1983; Reis *et al.*, 1985). Los principales CNET en

los tejidos de especies forrajeras son monosacáridos como glucosa y fructosa, disacáridos como sucrosa y maltosa y polisacáridos como almidones y fructosanos (McIlroy, 1967; Smith, 1972, 1973). Sin embargo, para la determinación de reservas es más relevante analizar los CNET en conjunto que las fracciones individuales, puesto que tienen funciones similares y la cantidad de CNET es una estimación de la energía rápidamente disponible para el metabolismo y/o translocación a otras partes de la planta (Smith, 1981). Los CNET poseen un potencial de fermentación rápida y total en el rumen, al igual que el proceso de fermentación del ensilaje (Pichard y Alcalde, 1990). Los CNET proporcionan la energía para el rebrote de las especies forrajeras perennes o anuales, que pueden ser cosechadas varias veces en una misma temporada. Además, ayudan a sobrevivir a las forrajeras durante períodos de sequía, de inundación, de altas o de bajas temperaturas y proporcionan energía para el crecimiento cuando las condiciones ambientales son nuevamente favorables. Las plantas emplean las reservas de carbohidratos para el crecimiento inicial, cuando el área foliar residual es nula o insuficiente para producir los foto-asimilados para crecimiento (Volenc, 2005). Los carbohidratos de reserva y nitrógeno en los órganos de reserva de las plantas (raíces y corona) se consideran importantes para iniciar el proceso de rebrote (Briske *et al.*, 1996; Skinner *et al.*, 1999).

2.7.2 Meristemas de crecimiento

Los meristemas de crecimiento son tejidos embrionarios, que se forman a partir de células diferenciadas, con la capacidad de originar otros tejidos y órganos especializados, mediante divisiones continuas, para dar paso al rebrote (Briske, 1991). En las plantas existen dos aspectos de crecimiento, el primero dentro de este se da el crecimiento en longitud de los brotes y de las raíces, mientras que el segundo, se relaciona con el crecimiento en grosor del tallo y de la raíz (Salisbury y Roos, 1992), la ubicación de las zonas meristemáticas se presenta en la base de las hojas más jóvenes (Tomlison y O'connor, 2004). La activación de estas zonas se lleva a cabo por el balance entre auxinas y cito quininas, dando como resultado la regulación en la formación de hojas jóvenes, necesarias para promover el desarrollo de nuevo tejido

foliar y radical (Azcon y Talon, 1993). En las plantas se encuentran ubicados diferentes puntos de meristemas de crecimiento y órganos de reservas, de igual manera hay presencia o ausencia de estolones y rizomas. Para el caso de leguminosas, esto va a depender de hábito de crecimiento (Quero et al., 2007). La manifestación de reguladores de crecimiento, induce la dominancia apical, de tal forma que, en fotoperiodos cortos y concentraciones de anti auxinas, el número de tallos aumenta. Así mismo, el tamaño de la corona es responsable del número de tallos en el siguiente corte (Kephart *et al.*, 1992).

Un factor propio de las plantas, importante para el crecimiento, son los meristemas (tejidos embrionarios, formados por células indiferenciadas, capaces de originar, mediante divisiones continuas, otros tejidos y órganos especializados), ya que son los sitios de donde se origina el nuevo tejido vegetal o rebrote. La cantidad de tejido vegetal en cada rebrote puede ser afectado por las temperaturas del invierno (Briske, 1991). Mayor cantidad de materia seca acumulada, en cada rebrote, está asociada a mayor cantidad de meristemas activos. Hernández-Garay y Martínez (1997) mencionan que después de una cosecha, el rebrote de las especies forrajeras ocurre por translocación de carbohidratos de raíces y base de tallos, a los meristemas de crecimiento, de esta forma, en algunas especies, los cortes severos reducen considerablemente la disponibilidad de carbohidratos, provocando una tasa de rebrote lenta y en consecuencia que la pradera sea invadida por maleza.

2.7.3 Índice de área foliar

El concepto de índice de área foliar, es un concepto propuesto por Watson, citado por Da Silva y Nascimento Jr. (2007), como una manera de medir y comparar la capacidad productiva de una planta o praderas. El índice de área foliar es la cantidad de superficie de las hojas presentes por unidad de área de suelo. Conforme aumenta el índice de área foliar, aumenta la cantidad de radiación solar fotosintéticamente activa interceptada por las plantas y praderas hasta alcanzar un máximo (Hodgson, 1990). Cuando ocurre lo anterior, la tasa de crecimiento es 23 máxima y al índice de

área foliar correspondiente se le llama índice de área foliar óptimo. Cuando se presentan índices de área foliar superiores al óptimo, la cantidad de hojas inferiores sombreadas serán mayor y gradualmente se volverán de color amarillento y morirán. El Índice de área foliar se ha relacionado con la intercepción de la radiación solar y la acumulación de materia seca, en cada rebrote. El índice de área foliar es producto de la cantidad de hojas, elongación del tallo y la distribución de las 22 hojas en el tallo (Chapman y Lemaire, 1993). Este índice varía entre plantas y especies forrajeras y su relación con el crecimiento es modificad por densidad de plantas, tamaño de macollos y altura de las plantas. Conforme aumenta el índice de área foliar se reduce la tasa de crecimiento debido al sombreado mutuo entre las hojas de las plantas (Lemaire, 2001).

2.7.4 Radiación solar e intercepción luminosa

La radiación solar es el insumo indispensable para el crecimiento de las plantas y por lo tanto para la acumulación de materia seca, en cada rebrote. Las plantas forrajeras perennes, en las praderas, están expuestas a variaciones diarias y estacionales en la cantidad de radiación solar (400 y 700 mm) que incide sobre su tejido fotosintéticamente activo produciendo variaciones en la tasa de fotosíntesis y consecuentemente en la acumulación de materia seca (Villalobos *et al.*, 2002). Hodgson (1990), Da Silva y Nascimento Jr. (2007) y Da Silva y Hernández (2010) mencionan que cuando las praderas perennes, tropicales y templadas, interceptan el 95 % de la radiación solar incidente sobre ellas es el momento óptimo para su cosecha. Ficou, citado por Da Silva y Nascimento Jr. (2007) demostró la relación entre el crecimiento de las plantas forrajeras y nivel radiación interceptada del área foliar y la acumulación de materia seca, ocurrirá en tanto exista suficiente área foliar para interceptar la radiación solar fotosintéticamente activa. A medida que el área foliar aumenta, la cantidad de luz interceptada será mayor y, por consecuencia, el crecimiento de las praderas será mayor (Hodgson, 1990).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización y descripción del sitio experimental

El experimento se realizó durante la estación de primavera del 2019, en el área de invernaderos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Unidad Saltillo, ubicada en Buenavista, Saltillo, al sureste del estado de Coahuila, con las siguientes coordenadas 25° 23' de Latitud Norte y 101° 00' de Longitud Oeste, a una altitud de 1,783 m. El clima es templado semi-seco, con una temperatura promedio de 18 °C. Los inviernos son extremos, predominando temperaturas máximas superiores a 18°C y algunos días con temperaturas mínimos inferiores a 0°C, con una precipitación media anual de 340 mm (Climate-Data-org, 2010).

3.2 Condiciones meteorológicas

Las temperaturas máximas, y mínimas del aire semanal, 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 (Figura 4). 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 y se registró una precipitación total de 84.9 mm, durante la estación de crecimiento y cortes subsecuentes. Las temperaturas registradas, indican que las plantas estuvieron sujetas a condiciones térmicas favorables para su crecimiento.

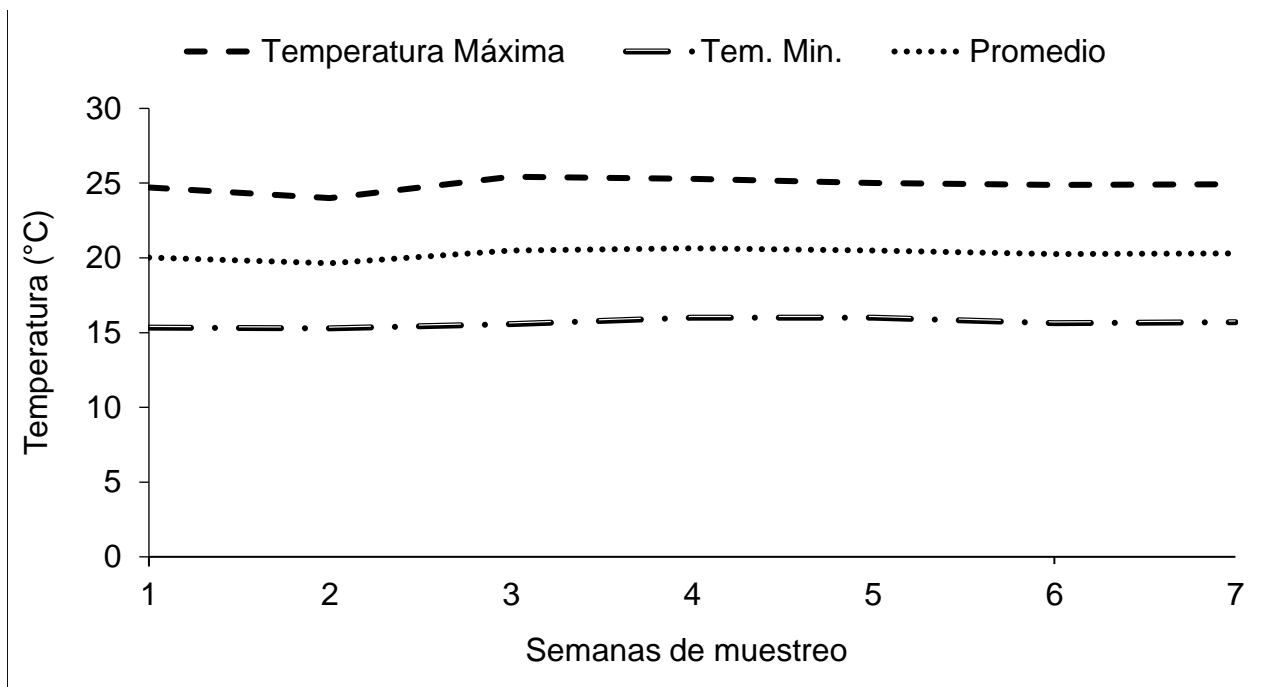


Figura 9. Temperaturas máximas, medias y mínimas durante el periodo de estudio (04 de mayo al 22 de junio de 2019).

3.3 Material genético

Se utilizó el genotipo 232098 de la especie trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.). Este fue obtenido de una elección de 12 genotipos establecidos y adaptados a las condiciones del centro de México en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. La semilla inicialmente fue donada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, con fines de experimentación, investigación y desarrollo para su adaptación en suelos de México.

3.4 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar, con tres repeticiones, para cada tratamiento. Los tratamientos consistieron en plantas sin inocular e inoculadas con la cepa *Sinorhizobium meliloti*, proporcionada por el Departamento de Parasitología de UAAAN, Saltillo, y la fecha de corte (siete semanas). La población total para cada

tratamiento fue de 21 macetas. La unidad experimental consistió de una planta individual en una maceta e identificada en el análisis estadístico como una repetición. Las plantas fueron obtenidas por medio de trasplante, realizado el 08 de febrero de 2019. Las plantas se trasplantaron en bolsas de plástico de 17 x 17 cm, calibre 400 con capacidad de 0.95 lt, en un sustrato de arena de río y tierra de monte, en una relación de 1:1. Cuando trascurrieron 84 días después del trasplante, se colocaron en una mesa de lámina a una altura de 1 m sobre el nivel del piso en el invernadero y se dio inicio al experimento (04 de mayo de 2019). Las macetas se regaron cada tercer día, manteniendo la humedad edáfica cercana a capacidad de campo.

3.5 Variables medidas y calculadas

Se programaron cortes cada 7 días, en un el periodo que comprendió del 04 de mayo al 22 de junio de 2019, a una altura de corte de 7 cm del sustrato de la maceta. El primer corte se tomó como de uniformización, con el objetivo de que todas las macetas estuvieran a la misma altura para así tomar muestras cada semana durante el periodo experimental. Para cada corte se midieron las siguientes variables:

3.5.1 Rendimiento de forraje

Para estimar el rendimiento de forraje, se seleccionó una planta por tratamiento y se cortó la biomasa presente por arriba de los 7 cm. Cada muestra fue secada en una estufa de aire forzado durante 72 horas a peso constante, para obtener el rendimiento de materia seca por planta (g MS planta^{-1}).

3.5.2 Composición botánica y morfológica

La Composición Botánica y Morfológica se determinó, separando la muestra utilizada para rendimiento de forraje, en los componentes, hoja, tallo, material muerto e inflorescencia. Posteriormente, se sometieron a un secado en una estufa de aire forzado durante 72 horas a peso constante y se calculó la aportación al rendimiento de materia seca en g MS planta⁻¹ y porcentaje, de cada componente mediante la siguiente formula:

$$PCM = (COMP*100) / R$$

Dónde:

PCM = Porcentaje por componente morfológico (%).

COMP = Sub-muestra del componente separado por especie.

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

3.5.3 Relación Hoja: Tallo (R: H/T)

Los datos originados a partir de la composición botánica y morfológica de hoja y tallo de la planta de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus L.*), se utilizaron para estimar la relación hoja:tallo, la cual se calculó dividiendo la cantidad de hoja (g MS hoja planta⁻¹) entre el peso de tallo (g MS tallo planta⁻¹).

3.5.4 Altura de planta

Antes de cada corte, se midió la altura de las plantas del testigo y del tratamiento de acuerdo con la semana de muestreo. Para ello se utilizó una regla graduada de 100 cm, con un mm de exactitud, de tal forma que la parte inferior de la regla graduada (0 cm) quedara a nivel del sustrato de la maceta.

3.5.5 Área foliar por tallo

Para obtener la medición de área foliar por tallo (AF), se cortaron a nivel de la parte basal de la planta 10 tallos al azar, de acuerdo a las repeticiones de cada tratamiento. Las hojas fueron separadas del tallo, colocadas en un integrador de área foliar de escáner modelo CI-202, marca CID Inc, que mide el área foliar en cm^2 y se obtiene el área foliar de diez tallos y se dividió entre 10 para obtener el área foliar por tallo individual ($\text{cm}^2 \text{ AF tallo}^{-1}$).

3.5.6 Radiación interceptada

Los valores de radiación solar que incidieron y se transmitieron entre la cubierta vegetal de las plantas de *Lotus corniculatus* L., fueron utilizadas para obtener el porcentaje de luz interceptada por la especie. Las mediciones se obtuvieron en condiciones de cielo despejado, entre las 13:00 y las 14:00 h, con un sensor quantum de 70 cm de longitud (PS-100, Apogee Inst, Utah, USA) sobre y debajo de la cubierta vegetal.

Se tomaron mediciones de luz recibida y transmitida; la lectura recibida se tomó en la parte superior de la planta y la transmitida a nivel de suelo, y por diferencia se determinó el porcentaje de intercepción luminosa, mediante la siguiente formula:

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

Dónde:

% LI = Porcentaje de luz interceptada

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

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



Figura 10. Sensor quantum (Apogee instruments Ownwr's manual).

3.6 Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con dos diferentes poblaciones correspondientes a plantas de *Lotus corniculatus L.* inoculado (Tratamiento) y sin inocular (Testigo), con cortes consecutivos por semana, con tres repeticiones. El análisis estadístico se realizó con el programa SAS para Windows, versión 9.1, con el procedimiento Proc GLM y la comparación de medias mediante la prueba Tukey ($p < 0.05$), de acuerdo al siguiente modelo:

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

Dónde:

Y_{ij} = Valor de la variable de estudio

μ = Media general de la población estudiada

α_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

ε_{ij} = Error estándar de la media.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Rendimiento de forraje

En la figura 11, se muestran el rendimiento de forraje de trébol pata de pájaro genotipo 232098 sin inocular e inoculados con una cepa de *Sinorhizobium meliloti*. Se observa una tendencia positiva conforme aumenta las semanas de rebrote con R^2 de 0.96 y 0.98, para los tratamientos sin inocular e inoculado, respectivamente, describiendo una ecuación exponencial en ambos casos. Se observaron diferencias significativas entre semanas de rebrote ($p < 0.0001$; Cuadro 2). En el tratamiento testigo (sin inocular), se encontraron los menores valores en las semanas 1, 2 y 3 con 1.3 g MS planta⁻¹, promedio, mientras en el tratamiento con inoculación los valores más bajos de rendimiento se observaron en las semanas uno y dos con 1.2 g MS planta⁻¹, promedio. En contraste, los mayores rendimientos se registraron en las semanas siete con 6.0 y 6.6 g MS planta⁻¹, para los tratamientos sin inocular e inoculado, respectivamente, los que no mostraron diferencias estadísticas en las semanas cinco y seis. Los promedios semanales nos muestran que los valores más bajos se centran en la semana uno y los altos en las semanas cinco, seis y siete (Cuadro 2). Por otra parte, la comparación entre las dos poblaciones de *Lotus corniculatus L.*, en cada semana de muestreo, no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$). Sin embargo, el promedio del tratamiento inoculado, fue mayor al tratamiento sin inoculador ($p < 0.05$), con 4.0 vs 3.2 g MS ha⁻¹. Trébol rojo (*Trifolium repens L.*), muestra tendencias positivas similares al de trébol pata de pájaro. Rojas *et al.* (2019) registran $R^2 = 0.98$, con un ajuste a una ecuación lineal. De igual forma, en cereales se reportan ajustes de curvas a un modelo exponencial con R^2 de 0.93 (Wilson *et al.*, 2017). En cuanto al rendimiento, García *et al.* (2014), reportan mayores producciones de genotipos de *Lotus corniculatus L.*, en el primer corte, respecto al siete, no obstante, en el estudio el primer corte se llevó a cabo a finales de la estación de otoño, diferente a nuestro estudio, llevado a cabo en primavera y en condiciones de invernadero, por lo que estas condiciones de estudio y clima pudieron marcar la diferencia.

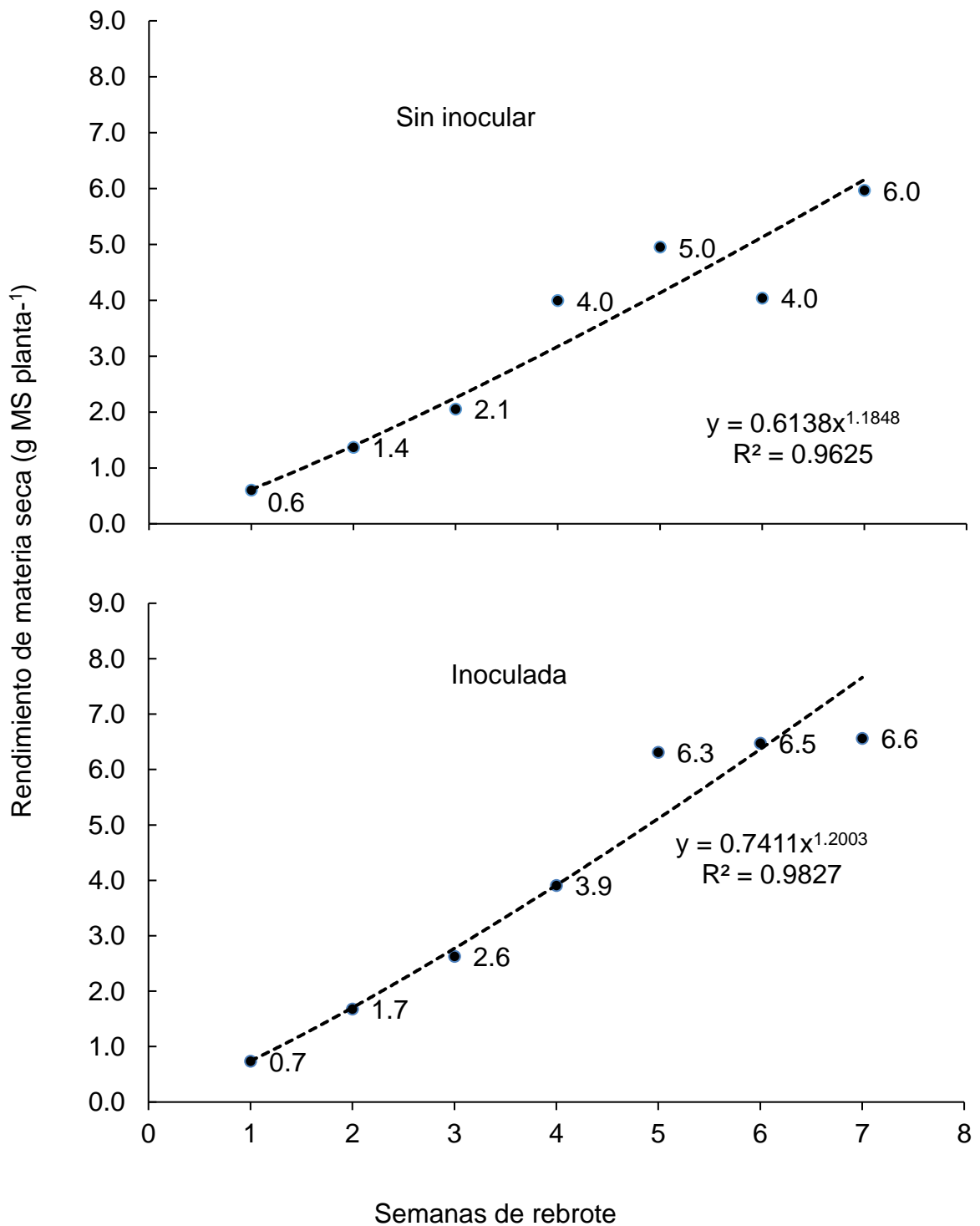


Figura 11. Rendimiento de forraje (g MS planta⁻¹) de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) sin inocular e inoculado con una cepa de *Sinorhizobium meliloti*, cosechado a diferente edad de rebrote.

4.2 Composición Botánica y Morfológica

La composición botánica y morfológica (CBM) de *Lotus corniculatus* L., genotipo 232098 se presenta en la figura 12. En general, la hoja fue el componente que más aportó al rendimiento de materia seca, con porcentajes promedios de 69 %, de ambas poblaciones, seguidas por el tallo (28 %), y material muerto (2 %), la inflorescencia no aportó al rendimiento. En ambos casos la hoja tuvo un comportamiento descendente, iniciando en la primera semana con 79 %, ambos casos, y terminando en la semana siete con 66 y 58 %, para sin inocular e inoculado, respectivamente, aunque teniendo varianzas en la semana tres de 48 % para el tratamiento sin inocular y en la seis (50 %) en el tratamiento inoculado. Lo anterior fue contrario a la producción de MS, ya que esta se incrementó conforme avanzó la edad de la planta, valores que oscilaron entre 0.47 a 3.96 g MS hoja planta⁻¹ en el sin inocular, y de 0.66 a 4.56 g MS hoja planta⁻¹ en el inoculado.

En el caso del tallo, tuvo un comportamiento irregular, en su aportación en porcentaje al rendimiento de MS. Los valores oscilaron de 21 a 52 % en la semana uno y tres, respectivamente, en el tratamiento sin inocular, y de 19 a 39 % en la siete y cinco, respectivamente, para el inoculado. En la aportación de MS, fue similar a la hoja, se incrementó de un 0.13 a 1.95 g MS tallo planta⁻¹, en las plantas no inoculadas y de un 0.20 a 1.97 g MS tallo planta⁻¹, en las inoculadas, de la semana uno a la siete, en ambos casos en ambos casos. El mayor porcentaje y g MS, de material muerto, se presentó en la semana 6, únicamente en el inoculado con el 26 % y 1.9 g MS planta⁻¹, no obstante, es un dato de tomarse con cautela, ya que al parecer fue un error de manejo por la falta de aplicación de riego. Al igual que otras especies forrajeras, la aportación de hoja a partir de la semana cuatro puede tomarse como criterio para cosechar las especies de *Lotus corniculatus* L., ya que todavía no se presenta inflorescencia, indicativo de una mayor maduración fisiológica (Mendoza *et al.*, 2010).

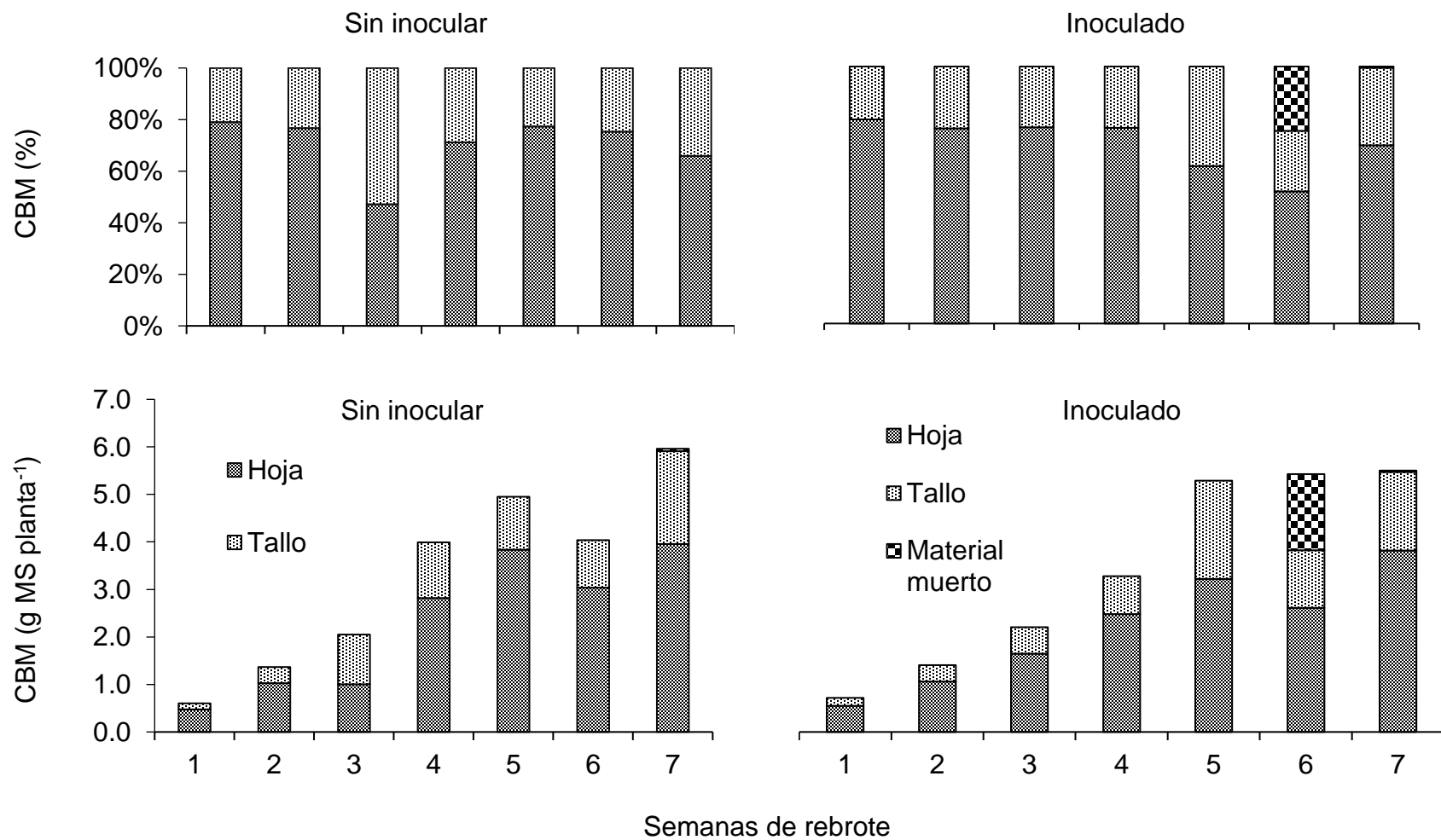


Figura 12. Cambios en la Composición Botánica y Morfológica (CBM) de *Lotus corniculatus* L., genotipo 232098, cosechado a diferente edad de rebrote.

4.3 Relación hoja:tallo

La relación hoja: tallo de dos poblaciones de *Lotus corniculatus* L., sin inocular e inoculada con una cepa de *Sinorhizobium meliloti*, se presenta en la figura 13. Se registraron diferencias entre las semanas de rebrote en ambas poblaciones y promedios semanales. En ambos casos, los mayores valores se registraron en las semanas uno con 3.9 y 4.1, para el sin inoculado e inoculado, respectivamente y 4.0 en valor promedio ($p < 0.05$; Cuadro 3). La relación hoja:tallo más baja se observaron en la semana tres (1.5) y cinco (1.6), para sin inoculado e inoculado, respectivamente. La comparación entre poblaciones, dentro de cada semana solo mostró diferencias en las semanas tres, cinco y seis. En estas dos últimas semanas resalta el testigo (sin inocular) con 3.4 y 3.0; en tanto que en la semana tres del tratamiento con inoculación se obtuvo 3.4. En general las curvas de ajuste muestran una tendencia negativa en ambos casos, principalmente en el tratamiento con inoculación donde mostró un R^2 mayor respecto al testigo (sin inoculación), con 0.75 vs 0.24, respectivamente. El testigo mostro un ajuste logarítmico, y el tratamiento un polinómico.

De acuerdo con, algunos estudios en *Lotus corniculatus* L., especifican que conforme aumenta la edad de la planta, la relación hoja:tallo se reduce (García *et al.*, 2014), debido a que, la calidad y la cantidad de luz que llega al interior del dosel de la pradera es menor, después de una defoliación, es modificada por el intervalo de corte que causa variaciones en la cantidad de hoja respecto al tallo (Montagner *et al.*, 2012). Villanueva (2020), reportó los mayores valores en las primeras semanas de crecimiento que oscilan entre 2.3, reduciendo hasta un valor de 1.2 a semana siete de rebrote. Lo anterior, puede ser el resultado de una cosecha en la fase de crecimiento acelerado, donde se encuentra la mayor cantidad de hojas jóvenes y poca cantidad de tallos (Barbosa *et al.*, 2011).

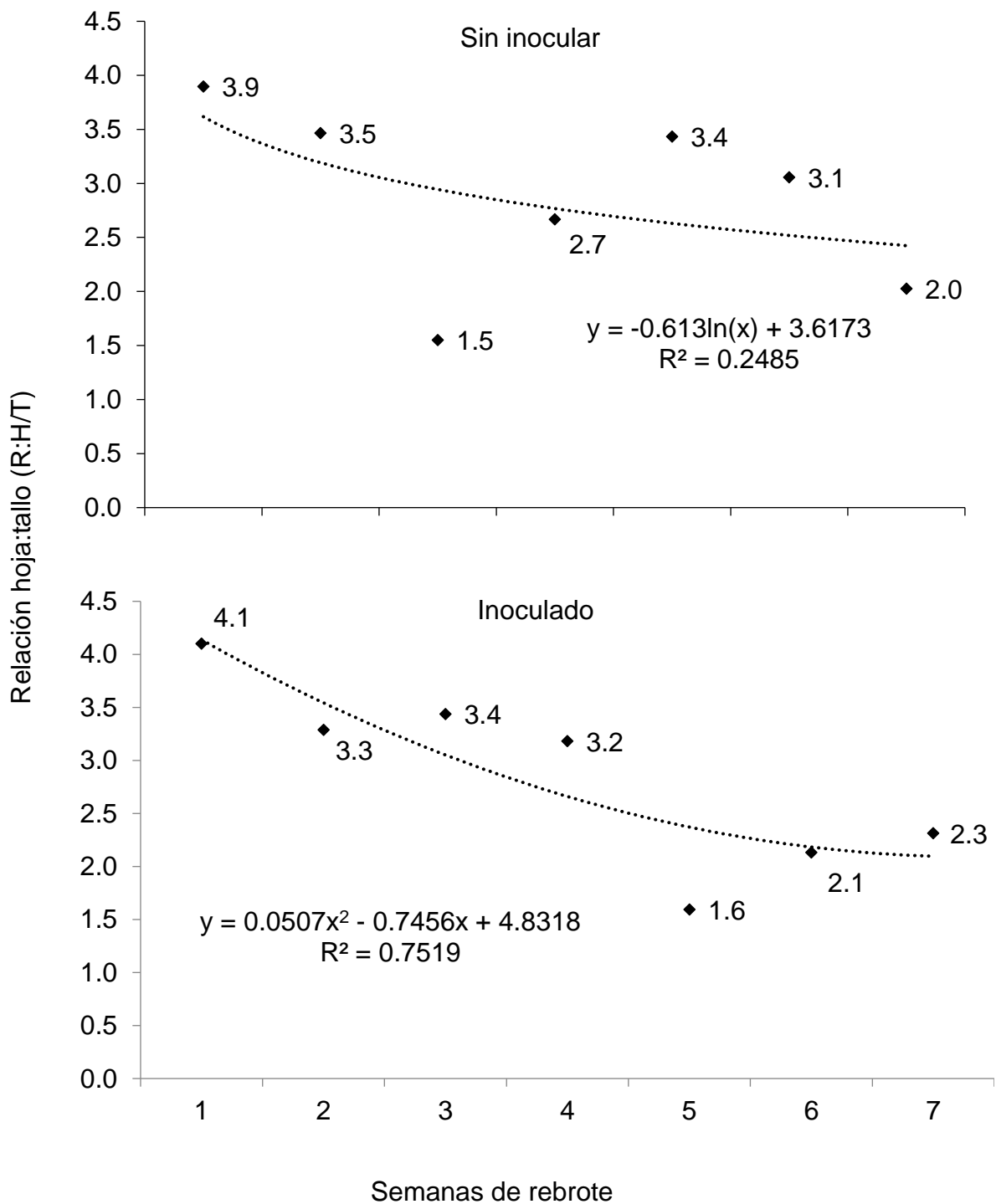


Figura 13. Relación hoja:tallo (R:H/T) de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) sin inocular e inoculado con una cepa de *Sinorhizobium meliloti*, cosechado a diferente edad de rebrote.

4.4 Altura de planta

Los cambios en la altura de la planta de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), sin inocular e inoculada con una cepa de *Sinorhizobium meliloti*, durante siete semanas de rebrote, se presentan en la figura 14. Se muestra un ajuste a un modelo exponencial con R^2 de 0.69 y 0.84, para poblaciones de plantas sin e inoculadas. Así mismo, se registró un incremento conforme avanzó la edad de rebrote. No obstante, solo en el inoculado se presentaron diferencias estadísticas entre las semanas de rebrote ($p < 0.001$). La altura de las plantas de la semana siete, fue mayor al resto de las semanas (52 cm). De la misma forma, solo en la semana cinco se observaron diferencias entre tratamientos, donde el valor resaltante (25 cm) correspondió a las plantas inoculadas con la cepa de *Rhizobium*, y el menor a las no inoculadas con 20 cm.

En algunas especies forrajeras, se ha relacionado positivamente el porcentaje de radiación interceptada con las alturas del cultivo en la pradera (Da Silva y Nascimento, 2007). También en el caso de especies templadas como la alfalfa (*Medicago sativa* L.), la altura de la planta es altamente correlacionada con el rendimiento de materia seca. Al respecto, Montes *et al.* (2016), encontraron que si los coeficientes de correlación son elevados (> 0.80), la altura de la planta puede ser considerada para determinar la producción de forraje y poder definir el punto óptimo de cosecha.

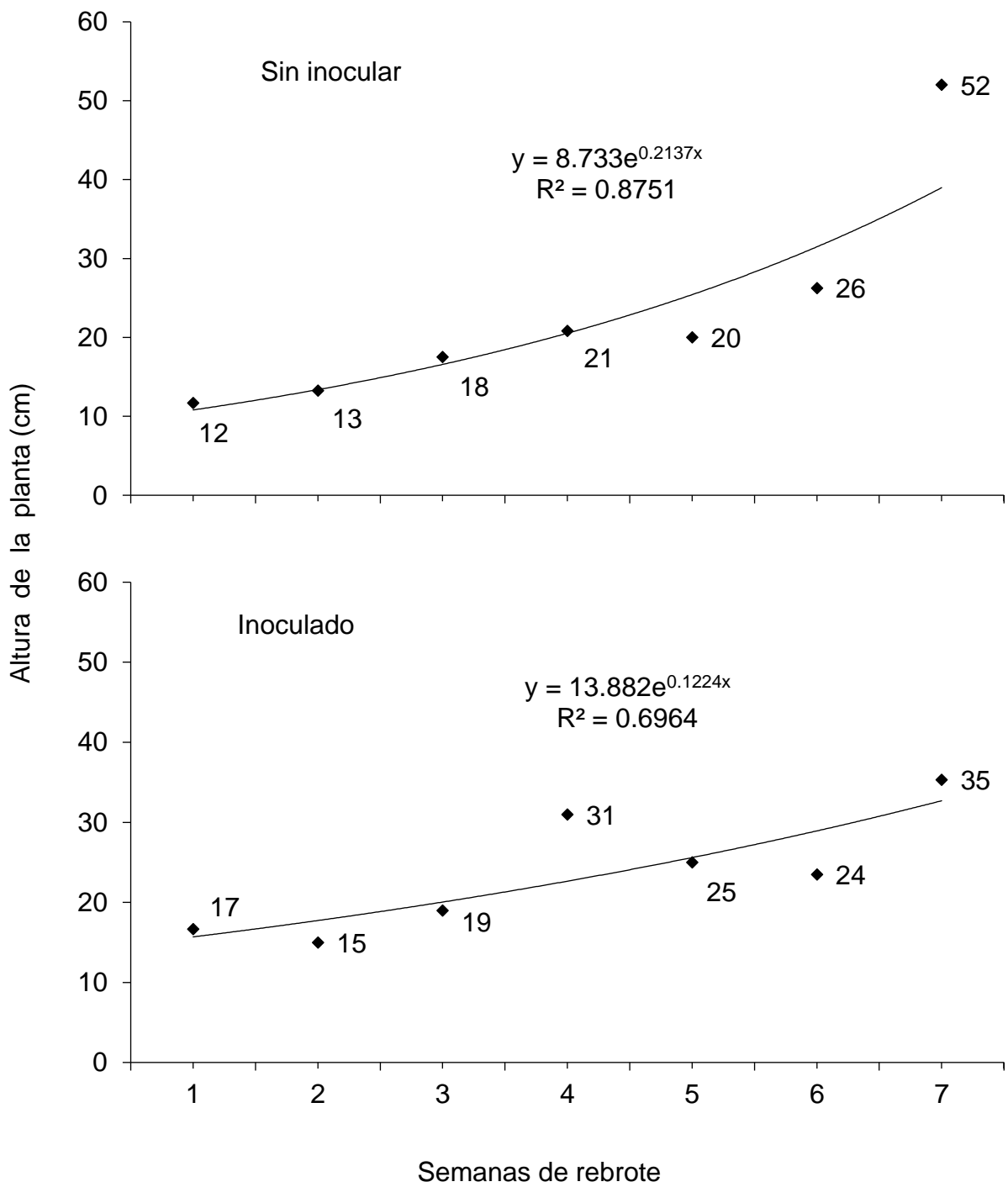


Figura 14. Altura de planta (cm) (*Lotus corniculatus* L.) sin inocular e inoculado con una cepa de *Sinorhizobium meliloti*, cosechado a diferente edad de rebrote.

4.5 Área foliar por tallo

En la Figura 15, se presenta el área foliar (AF) por tallo de dos poblaciones de *Lotus corniculatus* L., sin inocular e inoculado, cosechados a lo largo de ocho semanas de rebrote. Los valores de AF se incrementaron desde la semana uno hasta la siete ($p < 0.05$), en ambos tratamientos. Lo anterior corresponde con la mayor cantidad de hoja que se obtuvo conforme se incrementó la edad de rebrote (Figura 12). El máximo valor alcanzado fue en la semana siete con 15 y 14 cm^2 AF tallo⁻¹, en la población sin inocular e inoculado, respectivamente. Las menores áreas foliar se registraron en las semanas uno, dos (3.4 cm^2 AF tallo⁻¹, promedio) en el tratamiento sin inocular y hasta la tres en el inoculado (3.9 cm^2 AF tallo⁻¹, promedio). La tendencia de acuerdo a las curvas de ajustes obtenidos nos muestra un modelo exponencial con R^2 similares en ambos tratamientos, para las plantas sin inocular e inoculada, respectivamente (0.94 y 0.93).

De acuerdo con lo anterior, un máximo valor de índice área foliar se relaciona con una mayor tasa de acumulación de forraje (Figura 11), así mismo, una mayor radiación interceptada (Figura 14), va corresponder una mayor área foliar y por ende una mayor tasa de crecimiento (Chapman y Lemaire, 1993). En el caso del testigo el valor más bajo se registró en la primera semana con 3.12 (cm^2 tallo⁻¹), el mayor dato se registró a la semana 6 con 13.71 (cm^2 tallo⁻¹) y con un promedio de 7.01 (cm^2 tallo⁻¹), los datos obtenidos en el experimento del tratamiento inoculado indican el menor valor registrado de 3.61 (cm^2 tallo⁻¹), en cuanto al mayor observado fue de 15 (cm^2 tallo⁻¹) y un promedio de 8.38 (cm^2 tallo⁻¹). Conforme pasaron las semanas el área foliar fue aumentando constantemente durante el periodo del experimento durante las 7 semanas de observación.

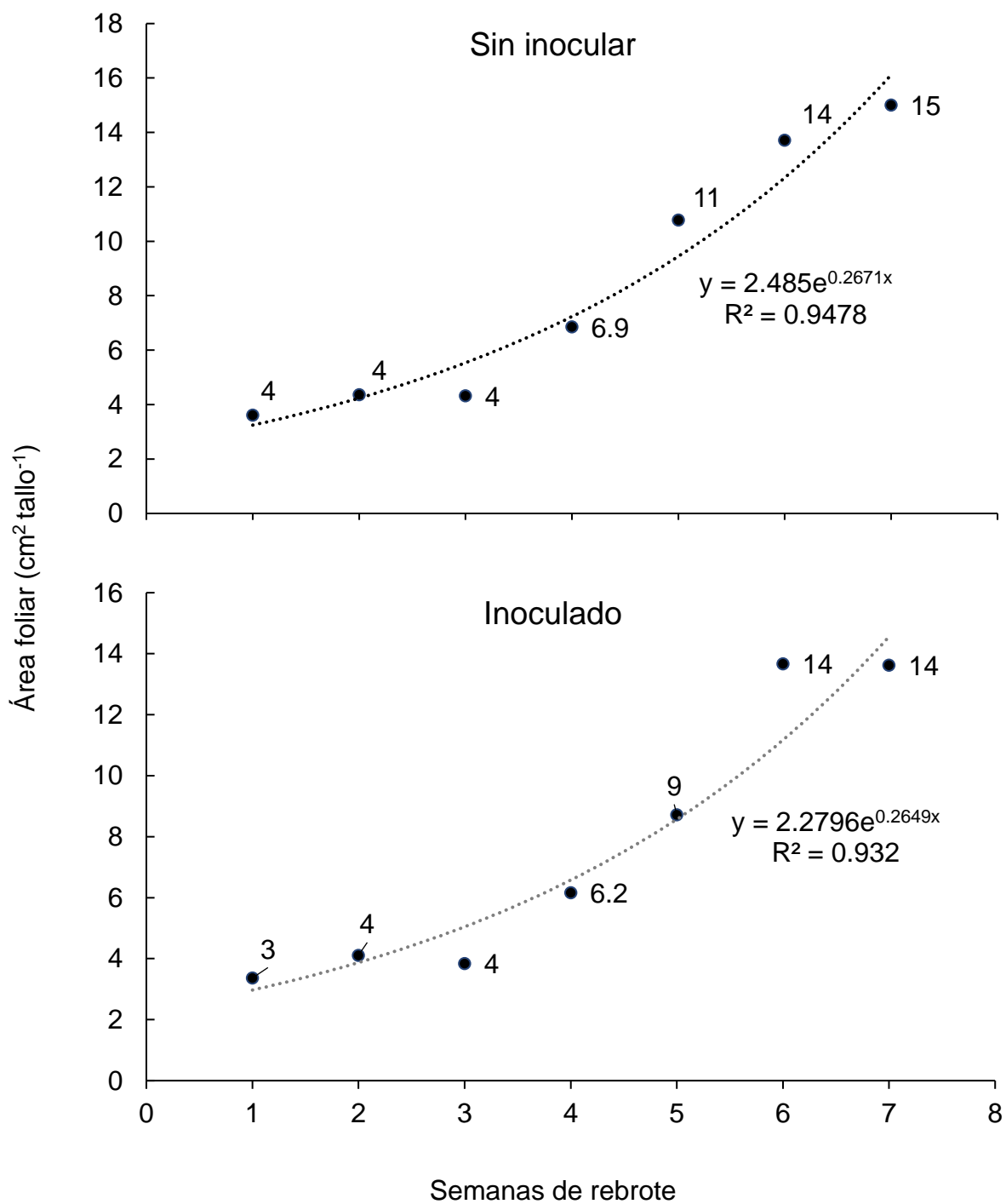


Figura 15. Área foliar por tallo (cm² tallo⁻¹) de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) sin inocular e inoculado con una cepa de *Sinorhizobium meliloti*, cosechado a diferente edad de rebrote.

4.6 Radiación interceptada

La Radiación Interceptada (RI) de dos poblaciones de *Lotus corniculatus* L., sin inocular e inoculada con una cepa del género *Sinorhizobium meliloti* se muestra en la Figura 16. Se observó un aumento progresivo hasta la semana tres en ambos tratamientos. A partir de la semana tres los valores no variaron, ya que en el sin inocular se presentaron en un promedio de 60 % de RI y en el inoculado alrededor de 66 %. No obstante, en la semana seis los valores fueron menores a este promedio (54 y 57 %, para el sin inocular y el inoculado, respetivamente), esto fue probablemente por un descuido en el manejo del experimento, respecto a la falta de riego. Los menores valores se registraron en las semanas una y dos, con valores de 34 y 30%, en el tratamiento sin inoculación, y 28 y 34% en el inoculado. Las curvas de ajustes, ambas a modelos logarítmicas, muestran R^2 bajas (0.59 sin inocular; 0.67 inoculado), mostrando una baja relación RI vs semanas de rebrote. Al respecto Mendoza (2008), menciona que la RI tiene una estrecha relación con el patrón de área foliar por tallo y altura de planta en especies forrajeras como el trébol blanco (*Trifolium repens* L.), ya que a medida que aumenta la cantidad de área foliar por planta y la altura, se incrementa la RI y, por tanto, menor será la radiación que llegue al suelo y puede ser aprovechado por especies indeseables. En este estudio el valor más alto observado fue de 72 % de RI.

El valor óptimo para cosechar una especie forrajera con excelentes características de calidad de forraje, es cuando la pradera intercepta el 95 % de luz incidente (Da Silva y Hernández, 2010). En este experimento no se cumplió este criterio por lo cual es necesario continuar la investigación a fin de hacer el análisis del crecimiento de *Lotus corniculatus* L. al menos por un año, en las cuatro estaciones y en condiciones de campo abierto, para analizar su comportamiento y adaptación, al igual que ponerlo a competir en campo abierto con otra leguminosa de contenidos nutricionales similares tal es el caso de *Medicago sativa* (alfalfa), *Trifolium pratense* (trébol rojo) o *Trifolium repens* (Trébol blanco) (García *et al.*, 2014).

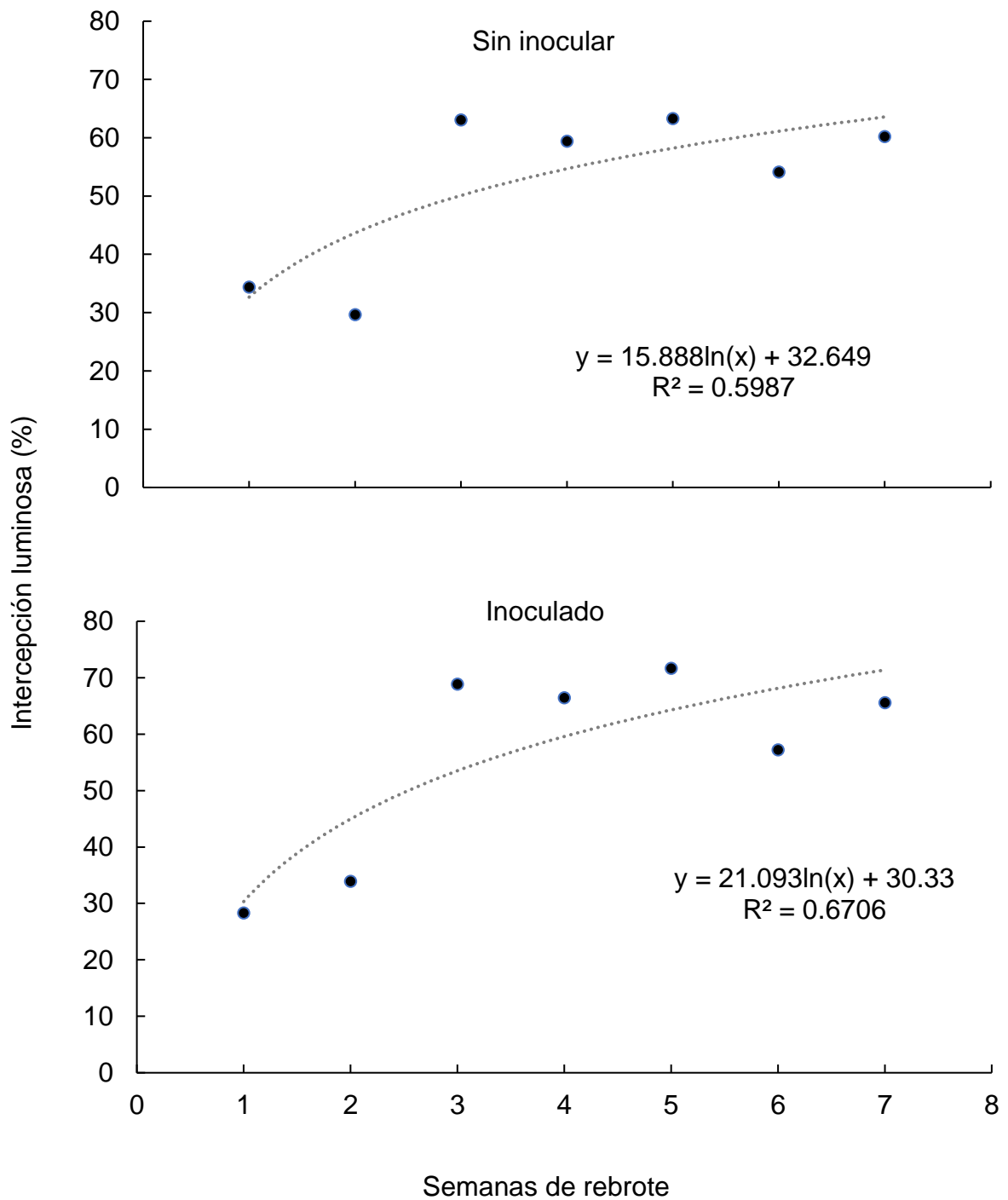


Figura 16. Intercepción luminosa (%) de trébol pata de pájaro de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) sin inocular e inoculado con una cepa de *Sinorhizobium meliloti*, cosechado a diferente edad de rebrote.

V. CONCLUSIONES

El comportamiento productivo de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L., cv: 232098 se vio afectado por la edad de rebrote, independientemente si la población de plantas fue o no inoculada con bacterias del género *Sinorhizobium meliloti*. Así mismo, la especie respondió positivamente a la inoculación en el rendimiento y área foliar por tallo, siendo mayor en las plantas inoculadas respecto a las no inoculadas. La altura de la planta, relación hoja:tallo, y radiación interceptada no mostraron efecto con la inoculación. Independientemente del tratamiento, la hoja fue el componente que más aportó al rendimiento de materia seca por planta, seguido por el tallo y el material muerto.

Recomendaciones

Es necesario continuar la investigación, en la cual se analice el crecimiento en *Lotus corniculatus* L. durante un periodo más largo, en otras condiciones diferentes a las de esta investigación; en condiciones de campo, donde se evalúen las estaciones del año. Así mismo, analizar su comportamiento en comparación con otras especies forrajeras como *Medicago sativa* (alfalfa), *Trifolium pratense* (trébol rojo) o *Trifolium repens* (Trébol blanco), especies con las que compite, entre los productores dentro del mismo ambiente.

VI. LITERATURA CITADA

- Catrileo, A.S., Rojas, C.G., Matus, J.C. 2003.** An Evaluation of the Production and Quality of Barley Sown Alone or Combined with Forage Species for the Production of Silage. *Agric. Téc.*63, 135–145 p.
- Hunt, R. 1990.** Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold. London, England 12-25 p.
- Altier, N., 1988.** Enfermedades de plantas forrajeras. Jornada de forrajeras, 9 de septiembre de 1988. CIAAB. EELE. 4-10 p.
- Bainotti, C., Ghida Daza, C., Amigone, M., Salines, J., Masiero, B., Fraschina, J. 2002.** Evaluación de cultivares de trigo como doble propósito. Campaña 2001/02, Trigo Actualización 2002. No 71. INTA-EEA Marcos Juárez.
- Bainotti, C.T., Gomes, D., Masiero, B., Salines, J., Fraschina, J., Bertram, N., Navarro, C. 2005.** Evaluación de cultivares de trigo como doble propósito. Campaña 2005/06.
- Barbosa, R. A. D; Nascimento, Jr. H; Vilela, H. S; Da Silva, C. V; Batista-Euclides, P. A; Sbrissia, F. B. y Da Lana, S. 2011.** Morphogenic and structural characteristics of guinea grass pastures submitted to three frequencies and two defoliation severities. *Revista Brasileira de Zootecnia*, pp 947-954.
- Baron, V.S., Kibite, S. 1987.** Relationships of maturity, height and morphological traits with whole-plant yield and digestibility of barley cultivars. *Can. J. Plant Sci.* 67, 1009–1017 p.
- Barta, A.L., 1978.** Effect of root temperature on dry matter distribution, carbohydrate accumulation and acetylene reduction activity in Alfalfa and Birds foot Trefoil. *Crop Sci*, 18, 637-640 p.

- Berkenkamp, B., Meeres, J. 1987.** Mixtures of annual crops for forage in central Alberta. *Can. J. Plant Sci.* 67, 175–183 p.
- Beuselinck, P.R., McGraw, R.L., 1989.** Environmental considerations for lotus production: seed versus herbage. *Int. Grassl. Congress, XVI, Nice, France*, 649-50 p.
- Beuselinck, P.R., Peters, E.J., McGraw, R.L. 1984.** Cultivar and management effects on stand persistence of bird's foot trefoil. *Agr.J.*76, 490- 92 p.
- Bianchi, J.L., 1982.** Relación de distintos parámetros de la pastura con el consumo y ganancia de peso de novillos en pastoreo. *Tesis Fac.Agron.*86 p.
- Bidwell, R.G.S. 1979.** *Plant Physiology.* Macmillan Publishers Limited.
- Briske, D.D., Boutton, T.W., Wang, Z. 1996.** Contribution of flexible allocation priorities to herbivore tolerance in C4 perennial grasses: an evaluation with 13 Clabelling. *Oecologia* 105, 151–159 p.
- Buxton D.R., Hornstein. J.S., Wedin, W.F., Marten, G.C., 1985.** Forage Quality in Stratified Canopies of Alfalfa, Birds foot Trefoil, and Red Clover. *Crop Sci*, 25, 273-279 p.
- Castillo EG, Valles MB, Jarillo RJ. 2009.** Relación entre materia seca presente y altura en gramas nativas del trópico mexicano. *Téc Pecu Méx.*; 47(1):79-92.
- Carámbula, M. 1977.** Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 464 p.
- Castro, E y Ganzábal, A., 1988.** Sistemas lanares intensivos. *Misc66, MGAP-CIAAB.*34 p.
- Chapman, D.F., Lemaire, G. 1993.** Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *Proceedings of the XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia*, 95–104 p.

- Cherney, J.H., Marten, G.C. 1982.** Small grain crop forage potential: II. Interrelationships among biological, chemical, morphological, and anatomical determinants of quality. *Crop Sci.* 22, 240–245 p.
- Colín-Rico, M., Zamora Villa, V.M., Lozano del Río, A.J., Martínez Zambrano, G., Torres Tapia, M.A. 2007.** Caracterización y selección de nuevos genotipos imberbes de cebada forrajera para el norte y centro de México. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 45, 249 p.
- Colín-Rico, M., Zamora Villa, V.M., Torres Tapia, M.A., Jaramillo Sánchez, M.A. 2009.** Producción y valor nutritivo de genotipos imberbes de cebada forrajera en la Región Lagunera de México. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 47, 27 p.
- Collins. M. 1982.** Yield and Quality of Birds Foot Trefoil Stockpiled for Summer Utilization. *Agr. J.*, 74, 1036-1041 p.
- Crempien, C.L. 1983.** Antecedentes técnicos y metodología básica para utilizar en presupuestacion en establecimientos ganaderos. Bovinos para carne y ovinos. In forme de campo. Proyecto URU/78 004.Fucreea-FAO-PNUD.72 p.
- Culliman B. 1960.** Birds foot Trefoil. A New York seed crop. N. Y. *Agrie. Exp. Sta. Journal paper* 842 p.
- Da Silva, S., Hernández, G. 2010.** Manejo del pastoreo en praderas tropicales. En: Los forrajes y su impacto en el trópico. Velasco ME editor, Chiapas, México: UNACH.
- Da Silva, S. C.; Do Nascimento, J. D. 2007.** Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Rev. Bras. Zootec.* 36: 122-38.
- Del Pozo, M. 1983.** La Alfalfa. Su cultivo y aprovechamiento. Editorial MundiPrensa, Madrid, España.

- Duran, H., 1 991.** Investigación aplicada en lechería. En Pasturas y Producción Animal en Áreas de Ganadería Intensiva. INIA, Serie Técnica N 15,145-155 p.
- Elslick. R.F., Vogel W., 1959.** Effect of soil moisture on the ultimate emergence of grass and legumeseed. Proc .Assoc. Off Seed Anal. Amer.49. 151-155 p.
- Espitia Rangel, E., Villaseñor Mir, H.E., Tovar Gómez, R., de la O Olán, M., Limón Ortega, A. 2012.** Momento óptimo de corte para rendimiento y calidad de variedades de avena forrajera. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 3, 771–783 p.
- Fausto Javier Montes, C. F-J., Castro R. R., Benítezb, G. A., Sandoval T. S., Solís O. M-M., 2016.** Acumulación estacional de biomasa aérea de alfalfa Var. Oaxaca criolla (*Medicago sativa* L.). Rev. Méx Cienc Pecu 2016; 7(4):539-552.
- Formoso, F. 1 988.** Manejo de especies y mezclas. Jornada de forrajeras, 9 de septiembre de 1988.CIAAB. EELE. 11-14 p.
- Formoso, F. 1983.** Effect of defoliation in *Lotus corniculatus* L. Lotus Newsletter, 14, 3-4 p.
- Formoso, F., Allegri, M. 1980.** Leguminosas en la región noreste. I. Comportamiento de leguminosas en suelos arenosos, pesados e hidromórficos. Mise. N 21. CIAAB.EEAN.1-8 p.
- Formoso, F. 1993.** Lotus Corniculatus; performance forrajera y características agronómicas asociadas. La Estanzuela, INIA. 20 p. (Serie Técnica no. 37).
- Foulds. W. 1 978.** Response to soil moisture supply in three leguminous species. I. Growth, Reproduction and Mortality. New Phytol.80, 535-545 p.
- Fulkerson, R.S.1982.**Critical fall harvest period for bird's foot trefoil. Ontario Agricultural College University of Guelph. Information for industry personnel. March 1982.

- García, J., Rebuffo, M., Astor, D. 1988.** Performance de variedades forrajeras en La Estanzuela. Variedades forrajeras II. MGAP-CIAAB. Misc. 68, 15p.
- García B. D. V., J de D. Guerrero R., G. García de los S., and S. A. Lagunes R. 2014.** Rendimiento y calidad de forraje de genotipos de *Lotus corniculatus L.*, en el estado de México. Nova Scientia. v.7, n.13, p.170-189.
- Gardner, A.L., Centeno, G.A., De Lucia, G.R., Albuquerque. H.E., 1968.** Comportamiento de once variedades de *Lotus corniculatus* en La Estanzuela. MG A. CIAAB. Bol. Téc. N 8,23p.
- Gervais, P., 1988.** Influence dustadede croissance sur le rendementja composition chimique et les reserves nutritives du lotiercornicule. Can. J. Plant. Sci. 68, 755-62 p.
- Heichel. G.H., Vanee, C.P., Barnes, D.K, and Henjum, K.I., 1985.** Dinitrogen fixation, and N and dry matter distribution during 4 year stands of bird's foot trefoil and red clover. Crop Sci, 25, 101-105 p.
- Henson, P.R., 1962.** Breeding for resistance to crown and root rots in bird's foot trefoil. Crop Sci. 2, 429-432 p.
- Hernández-Córdova, N., Soto Carreño, F., Plana Llerena, R. 2015.** Comportamiento del crecimiento y rendimiento del cultivo del trigo (*Triticum aestivum L.*) en tres fechas de siembra. Cultiv. Trop. 36, 86–92 p.
- Hodgson, J. 1990.** Grazing management. Science into practice. Longman Scientific and Technical, Harlow, England.
- Hoveland, C.S., Haaland, R.L., Harris. R.R., and McGuire, J.A., 1982.** Birdsfoot Trefoil in Alabama. Alabama Agricultural Experiment Station. Bull 537.15p.
- Hunt, R. 2002.** A Modern Tool for Classical Plant Growth Analysis. Ann. Bot. 90, 485–488 p.

- Información del Sistema Agropecuario (INFOAGRO). 2010.** Cultivo de avena. Información agronómica. Madrid, España. <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/avena.htm> (revisado 9 marzo 2015).
- Jhonston, J. Mckinlay, J. 1998.** Forage production from spring cereals and-pea mixtures. Ministre of Agriculture. Goberment of Ontario, Canadá. <http://www.gov.on.ca/OMAFRA/> (revisado el 08 de abril de 2015).
- Juskiw, P.E., Helm, J.H., Salmon, D.F. 2000.** Postheading biomass distribution for monocrops and mixtures of small grain cereals. *Crop Sci.* 40, 148–158 p.
- Keles, G., Ates, S., Coskun, B., Koc, S. 2013.** Re-growth yield and nutritive value of winter cereals, in: *Proceedings of the 22nd International Grassland Congress.* 15–19 p.
- Kent N. L. 1987.** *Tecnología de los cereales*, 3rd ed. Acribia, SA, Zaragoza, España.
- Khan, A., Ahmad, I., Shah, A., Ahmad, F., Ghani, A., Nawaz, M., Shaheen, F., Fatima, H.U., Pervaiz, F., Javed, S., others. 2013.** Mejoramiento del estrés de salinidad en trigo (*Triticum aestivum* L) mediante la aplicación foliar de fósforo. *Phyton B.* Aires 82, 281–287 p.
- Leborgne, R, 1 984.** Antecedentes técnicos y metodología para presupuestacion en establecimientos lecheros. *Inf. De campo.* Proyecto URU/78/004.Fucrea-FAO-PNUD. 50p.
- Lemaire, G., Hodgson, J., De Moraes, A., Carvalho, P.C. de F., Nabinger, C. 2000.** *Grassland ecophysiolgy and grazing ecology.* Cab international.
- Argentel, L., Gonzales M. L., Plana R. 2006.** Respuesta de 12 variedades de trigo a la salinidad en las etapas iniciales del crecimiento. *Cultiv. Trop.* 27, 41– 44 p.

- Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dhima, K.V., Dordas, C.A., Yiakoulaki, M.D. 2006.** Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Res.* 99, 106–113 p.
- López, J., Prestes, P.J.Q., Magalhaes. E. 1996.** A curva de crescimento e a composicao em carboidratos soluveis, estruturais, lignina e proteina, e a digestibilidade em Cornichao.IX Int. Grassl. Congr. 851 -857 p. Sao Pablo. Brasil.
- López-Castañeda, C. 2011.** Variación en rendimiento de grano, biomasa y número de granos en cebada bajo tres condiciones de humedad del suelo. *Trop. Subtrop. Agroecosystems* 14, 907–918 p.
- Lozano del R., A.J. 2000.** Competencia interespecífica e intergenérica en mezclas de especies forrajeras anuales. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, México.
- Maloney, T.S., Oplinger, E.S., Albrecht, K.A. 1999.** Small grains for fall and spring forage. *J. Prod. Agric.* 12, 488–494 p.
- Marten, G.C, and Jordán, R.M., 1979.** Substitution valué of bird’s foot trefoil for alfalfa-grass in pasture systems.*Agr.J.*71, 50-55 p.
- Marten, G.C, and Ehele.F.R, 1984.** Influence of quality variation in four legume species on weight gains of grazing heifers. *Agron. Abstr. Amer. Soc. Agron., Madíson. Wisconsin.*159 p.
- McGraw J.B., Garbutt K. 1990.** The analysis of plant growth in ecological and evolutionary studies. *Trends Ecol Evol.* 5(8):251-254 p.
- McGraw, R.L, Beuselinck, P.R., and Ingram, K.T., 1986.** Plant Population Density Effects on Seed Yield of Birdsfoot Trefoil. *Agr. J.* 78, 201-5 p.

- McKenzie B.A., Kemp P.D., Moot D.J., Matthew C., Lucas R.J .1999.** Environmental effects on plant growth and development. In: White J, Hodgson J (Eds.). New Zealand Pasture Crop Sci. Auckland, N.Z: Oxford University Press. pp: 29-44 p.
- Me Graw.R.L., Marten, G.C. 1986.** Analysis of Primary Spring Growth of four Pasture Legume Species.Agr.J., 78, 704-7 10 p.
- Mendoza, P. S-I., Hernández, G. A., Pérez, P. J., Quero, C. A-R., Escalante, E. J. A-S., Zaragoza, R. J-L. Y Ramírez, R. O. (2010).** Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias; 1:287-296.
- Miller, J.D., K re itlow, K.W., Drake, CR., and Henson, P.R., 1964.** Stand longevity studies with Birdsfoot trefoil. Agr. J. 56, 129-37 p.
- Mislevy, P., Martín, F.G., Adjei, M.B., Miller, J.D. 1997.** Harvest management effects on quantity and quality of Erianthus plant morphological components. Biomass Bioenergy 13, 51–58 p.
- Montagner. D. B. D. Nascimento Jr. H. Vilela H. B. Sousa M. de L. V. P. Euclides B. S. Da Silva C. and M. Carloto N. 2012.** Tillering dynamics in pastures of guinea grass subjected to grazing severities under intermittent stocking. Revista Brasileira de Zootecnia. 41(3), pp 544-549.
- Moreno C.M.A., Hernández G.A., Vaquera H.H., Trejo L.C., Escalante E.J.A., Zaragoza R.J.L. y Joaquín T.B.M. 2015.** Productividad a siete asociaciones y dos praderas puras de gramíneas y leguminosas en condiciones de pastoreo. Técnica Pecuaria en México. 38(1):101-108 p.
- Nelson. C.J., Smith, D. 1968.** Growth of Birdsfoot Trefoil and Alfalfa. II. Morphological Development and Dry Matter Distribution. Crop Sci, 8, 21-25 p.

- Nelson, C.J., Smith, D. 1969.** Growth of Birdsfoot trefoil and Alfalfa. IV. Carbohydrate Reserve Levels and Growth Analysis under Two-Temperature Regimes. *Crop Sci*, 9, 589-91 p.
- Ortiz S.C. 1997.** Colección de monolitos. Génesis de suelos Montecillo, Texcoco, Estado de México, México: Edafología, IRENAT. Colegio de Postgraduados.
- Pagliaricci, H., González, S., Ohanian, A., Pereyra, T. 2000.** Caracterización del crecimiento y la producción de cereales forrajeros invernales en Córdoba, Argentina. *Agric. Téc.* 60, 224–235 p.
- Puig, A y Ferrando, A., 1983.** Requerimientos de fosforo en trébol blanco, lotus y trébol carretilla implantados puros y en mezcla. Tesis Fac. Agron.
- Qualls, M., Cooper, CS. 1968.** Germination, Growth, and Respiration Rates of Birdsfoot Trefoil all three temperatures during the early non-photosynthetic stage of development. *Crop. Sci*, 8,758-760 p.
- Risso, D., Formoso, F., Zarza, A. 1982.** Utilización y Productividad de pasturas cultivadas integradas a procesos intensivos de engorde. Centro de Investigaciones Agrícolas, Alberto Boerger. Misc.39.1-13 p.
- Risso, D., Coscia, P., Surraco, L. 1982.** Productividad de un tapiz de lotus (*Lotus corniculatus* L) bajo tres manejos de pastoreo. *Investigaciones Agronómicas*, Año 4, N 1,50-56 p.
- Rojas, G. A-R., Mendoza, P. SI., De Lira, C. AL., Álvarez, V.P., Maldonado, P.M-A., González, C. P., Pro M.A., Joaquín, C.S., Luna, G. M. 2019.** Rendimiento de trébol rojo (*Trifolium pratense* L.) a diferente edad de cosecha. *Agro productividad*; 12 (8):11-15.
- Romero, R., Corsi, W. 1991.** Agro climatología del área de La Estanzuela. Pub. Interna. 67 p.

- SAS, 2002.** SAS User's Guide: Statistics (version 9.0 Ed.). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc.
- Seaney, R.R, and Henson, P.R.1970.** Birdsfoot Trefoil. Adv. Agron. 22. 119-157 p.
- Sheaffer, C.C, Marten, G.C, and Rabas, D.L. 1984.** Influence of grass species on composition, yield, and quality of bird's foot trefoil mixtures. Agr. J. 76, 627-632 p.
- Smith, D. 1970.** Influence of temperature om the yield and chemical composition of five forage legume species. Agr. J. 62, 520-523 p.
- Taylor, T.H., Templeton, W.C. Jr, and Wyles, J.W. 1973.** Management effects on persistence and productivity of Birdsfoot trefoil (*L. corniculatus* L.). Agr.J. 65, 646-648 p.
- Thompson, L.S, and Willis, C.B. 1970.** Reproduction of *Pratylenchus penetrans* and growth of bird's foot trefoil as influenced by soil moisture and cutting management. Canadian J. of Plant Sci. 50, 499-504 p.
- Velasco, Z.M.E., Hernández G.A., González H.V.A., Pérez P.J., Vaquera H.H. y Galvis S.A. 2001.** Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto Ovillo (*Dactylis glomerata* L.). Técnica Pecuaria en México. 39(1):1-14 p.
- Velasco, Z.M.E., Hernández G.A., González H.V.A., Pérez, P.J., Vaquera H.H. 2002.** Curvas estacionales de crecimiento del ballico perenne. Revista Fitotecnia Mexicana. 25(1): 97-106 p.
- Villegas A.Y., Hernández G.A., Pérez P.J., López C.C., Herrera H.J., Enríquez Q.J., Gómez V.A. 2004.** Patrones estacionales de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Técnica Pecuaria en México. 42(2):145-158 p.
- Villanueva, C. A-I. 2020.** Efecto del inoculante *Rhizobium* en el comportamiento productivo de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), en la estación de primavera. Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, UAAAN, Saltillo. 58 p.

Willis, C.B and Thompson, L.S. 1969. The influence of soil moisture and cutting management on *Pratylenchus* penetrants reproduction in bird's foot trefoil and the relationship of inoculum levéis to yields. *Phytopathology*, 59, 2, 1872-75 p.

Wilson, G. CY., Hernández, G. A., Ortega C. ME, López, C. C., Bárcena, G. R., Zaragoza, R. JL., Aranda, O. G. 2017. Análisis del crecimiento de tres líneas de cebada para producción de forraje, en el valle de México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*; 49(2): 79-92.

Winch, J.E. 1960. Birdsfoot trefoil Establishment and Techniques. Ontario Agricultural College. Guelph.p 1-6 p.

Winch, J.E. 1960. Forage Quality. Ontario Agricultural College. Guelph.p 1-15 p.

Zaragoza E.J., Hernández G.A., Pérez P.J., Herrera H.J.G., Osnaya G.F., Martínez H.P.A., González M.S. y Quero C.A.R. 2009. Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto Ovillo. *Técnica Pecuaria en México*. 47(2):173-188 p.

VII. ANEXOS

Cuadro 2. Análisis de varianza de rendimiento de forraje (g MS planta⁻¹) en trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), cosechado a diferentes edades de rebrote.

Tratamientos	Semanas de rebrote							Promedio	Sig.
	1	2	3	4	5	6	7		
Sin Inocular	0.6 Ac	1.4 Ac	2.1 Ac	4 Ab	5 Aab	4 Ab	6 Aa	3.2 B	****
Inoculado	0.7 Ac	1.7 Ac	2.6 Abc	3.9 Ab	6.3 Aa	6.5 Aa	6.6 Aa	4.0 A	****
Promedio	0.6 d	1.5 cd	2.3 c	3.9 b	5.6 a	5.2 a	6.2 a	3.6	****
Sig.	NS	NS	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); EEM= error estándar de la media; DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 3. Análisis de varianza de relación hoja/tallo (R:H/T) en trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), cosechado a diferentes edades de rebrote.

Tratamientos	Semanas de rebrote							Promedio	Sig.
	1	2	3	4	5	6	7		
Sin inocular	3.9 Aa	3.4 Aab	1.5 Bb	2.6 Aab	3.4 Aab	3.0 Aab	2.0 Aab	2.8 A	*
Inoculado	4.1 Aa	3.2 Aab	3.4 Aab	3.1 Aab	1.6 Bb	2.1 Bab	2.3 Aab	2.8 A	*
Promedio	4.0 a	3.3 ab	2.4 ab	2.9 ab	2.5 ab	2.5 ab	2.1 b	2.8	**
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); EEM= error estándar de la media; DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 4. Análisis de varianza de altura de planta cm en trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus L.*), cosechado a diferentes edades de rebrote.

Tratamiento	Semanas de rebrote							Promedio	Sig.
	1	2	3	4	5	6	7		
Sin inocular	12 Ab	13 Ab	18 Ab	21 Ab	20 Bb	26 Ab	52 Aa	23 A	***
Inoculado	17 Aa	15 Aa	19 Aa	31 Aa	25 Aa	24 Aa	35 Aa	24 A	NS
Promedio	14 b	14 b	18 b	26 b	23 b	25 b	44 a	23	****
Sig.	NS	NS	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 ($P < 0.05$); EEM= error estándar de la media; DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 5. Análisis de varianza de área foliar (cm² tallo⁻¹) trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), cosechado a diferentes edades de rebrote.

Tratamiento	Semanas de rebrote							Promedio	Sig.
	1	2	3	4	5	6	7		
Sin inocular	3.1 Ac	3.8 Ac	3.3 Ac	5.4 Abc	6.6 Bb	13.6 Aa	13.0 Aa	7.0 B	****
Inoculado	3.6 Ad	4.3 Ad	4.3 Acd	6.8 Ac	10.7 Ab	13.7 Aa	15.0 Aa	8.3 A	****
Promedio	3.3 d	4.1 d	3.8 d	6.1 c	8.7 b	13.6 a	13.6 a	7.6	****
Sig.	NS	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); EEM= error estándar de la media; DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 6. Análisis de varianza de radiación interceptada (%) en trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus L.*), cosechado a diferentes edades de rebrote.

Tratamiento	Semanas de rebrote							Promedio	Sig.
	1	2	3	4	5	6	7		
Sin inocular	34 Ad	30 Ae	63 Ba	59 Bb	63 Ba	54 Bc	60 Ab	52 A	****
Inoculado	28 Be	34 Ad	69 Aab	66 Ab	72 Aa	57 Ac	66 Ab	56 A	****
Promedio	31 d	32 d	66 a	61 b	66 a	57 c	63 b	54	****
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 ($P < 0.05$); EEM= error estándar de la media; DMS = Diferencia Mínima Significativa.