

Análisis de crecimiento de trébol pata de pájaro a diferente densidad de siembra

Cristian Castillo-Cabrera¹
Sergio Iban Mendoza-Pedroza^{1§}
José Alberto Salvador Escalante-Estrada²
Gabino García-de los Santos¹
Arturo Pro-Martínez¹
Fernando González-Cerón³

¹Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería-Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP. 56230. ²Posgrado de Botánica-Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP. 56230. ³Departamento de Zootecnia-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México. CP. 56230.

§Autor para correspondencia: sergiomp@colpos.mx.

Resumen

Se estudió la parte aérea de *Lotus corniculatus* L. genotipo 202700 de hábito erecto originaria de Uruguay, se realizó un análisis de crecimiento, evaluando las variables rendimiento de MS (RMS), altura con regla (AR), altura con plato (AP), rendimientos de hoja (H), tallo (T), maleza (M), material muerto (MM), relación (H:T) y radiación interceptada (RI). Inmediatamente después del corte de uniformidad a 5 cm, se realizaron cortes semanales continuos durante un ciclo de rebrote (ocho semanas) en primavera. Esta investigación se llevó a cabo en 'Predio Nuevo' del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México, del 12 de abril al 31 de mayo de 2021. Los datos se analizaron con SAS, conforme a un diseño experimental completamente al azar en parcelas divididas a dos densidades como tratamientos (D1= 12 000 plantas ha⁻¹ y D2= 16 000 plantas ha⁻¹) y ocho repeticiones para cada tratamiento. El tratamiento D2 de acuerdo con los resultados fue el que presentó los valores más altos 5 450 kg de MS ha⁻¹ seguido por el tratamiento D1 con 4 315 kg de MS ha⁻¹, la radiación interceptada (%) por tratamiento 77% para la D1 y 83% para la D2 alcanzando el punto máximo a los 49 días (92%), la altura de las plantas se comportó de manera positiva conforme se desarrollaba la pradera. Se concluye que la densidad con mejor comportamiento general fue la D2 misma que registro la mayor respuesta en términos de variable hoja, tallo, maleza, material muerto (kg de MS ha⁻¹).

Palabras clave: altura de planta, composición morfológica, maleza, material muerto, RI.

Recibido: diciembre de 2022

Aceptado: marzo de 2023

Introducción

El desarrollo de sistemas de producción ganadera debe estar orientado hacia una producción rentable, por lo que éstos deben depender cada vez más de alimentos de bajo costo y fácil manejo y esto puede lograrse con gramíneas y leguminosas para producir forrajes perennes o temporales de alta producción y calidad (Elizondo y Boschini, 2001).

La densidad de siembra se considera un factor importante en el manejo del cultivo que, para obtener mayores rendimientos de forraje se debe incrementar la población por área y lograr una mayor relación hoja: tallo por competencia lumínica, si no se logra una densidad óptima se pueden provocar incrementos en los costos de producción y menores rendimientos (Solís *et al.*, 2007). El uso de altas densidades de población en maíz se traduce en un mejor uso del terreno (Reta *et al.*, 2000; Subedi *et al.*, 2006).

El análisis de crecimiento, es un instrumento para conocer la formación y acumulación de biomasa mismo que ayuda a determinar la composición morfológica del cultivo en cada etapa de crecimiento, y es posible definir el rendimiento por hectárea de hojas, tallos, material muerto, los que se pueden manejar como indicadores de calidad del forraje cosechado (Rodríguez y Larqué, 1988), Con este propósito, el presente trabajo tuvo el objetivo de determinar un análisis de crecimiento y conocer la variación acumulada de forraje de *Lotus corniculatus* L., a diferente edad y densidades de siembra.

Lotus corniculatus como todos los forrajes tiene desventajas como es el lento establecimiento y baja persistencia características que son deseables en las primeras etapas de desarrollo de las plantas y en todo su ciclo productivo es fundamental permitir la recuperación de las plantas (Frame y Laidlaw, 1998; Ixtaina y Mujica, 2010). La calidad del forraje, la palatabilidad y su versatilidad de uso es una opción importante para la alimentación de ganado.

Materiales y métodos

Localidad y fecha

La investigación se realizó en condiciones de campo utilizando la variedad de *Lotus corniculatus* L. (202700), durante la estación de primavera del 12 de abril al 31 de mayo (ocho semanas) de 2021. En el Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo, Estado de México, a una altitud de 2 250 m. De acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García (2004), la región tiene un clima C (W0) (W) b (i') g, que corresponde a un clima templado subhúmedo con lluvias en verano y época seca en invierno, con poca oscilación térmica, una precipitación media anual de 686 mm y una temperatura media anual de 15.9 °C, siendo mayo el mes más cálido y enero el mes más frío.

Material vegetal

Se utilizó semilla original del genotipo 202700 de *Lotus corniculatus* L., germoplasma de hábito erecto y originario de Uruguay, que se obtuvo a través del Programa de Manejo de Recursos Fitogenéticos del Colegio de Postgraduados y del Departamento de Agricultura de los Estados

Unidos de América (USDA-ARS), en Beltsville, Maryland, USA, mismo que fue evaluado por primera vez en 1997, en un ensayo de adaptabilidad (García *et al.*, 2015; Álvarez *et al.*, 2018). Pero debido a que las plantas sembradas en campo no han generado semilla se siguen reproduciendo por medio de esquejes tomados de la corona de dichas plantas.

Tratamientos y unidad experimental

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar en parcelas divididas dos tratamientos y ocho repeticiones. La variedad 202700 se estableció utilizando material vegetal reproducido en macetas en condición de invernadero obtenido de plantas madre (esquejes tomados de las coronas), en diciembre de 2019, a dos densidades (12 000 plantas ha⁻¹ y 16 000 plantas ha⁻¹), se acomodaron en franjas (3 x 4 m) para cada tratamiento separadas a 25 y 20 cm entre plantas respectivamente, el primer corte se realizó una semana después de un corte de uniformización a 5 cm y consecutivamente ocho cortes semanales continuos durante un ciclo de rebrote (56 días) en primavera; los riegos se programaron cada 15 días, se realizaron deshierbes cada mes antes del primer corte, no hubo problemas de plagas; sin embargo, se detectó presencia de gallina ciega la cual no provocó daños, no se aplicó ningún tipo de fertilizante.

Variables evaluadas

Rendimiento de forraje

Para determinar el rendimiento de Materia Seca, por cada repetición, aleatoriamente se colocó un cuadro de 0.25 m² (50 x 50 cm), el forraje seleccionado se cortó 5 cm a nivel del suelo, se depositó en bolsas de papel previamente identificadas, y se llevó a secado en una estufa de aire forzado, a una temperatura de 55 °C durante 72 h, hasta peso constante. Para determinar el rendimiento por unidad de superficie (kg MS ha⁻¹) (AOAC, 1996), se pesó en una báscula digital de la Marca Truper (capacidad de 1-10 kg). El rendimiento estacional se estableció como la suma del forraje cosechado durante la estación en primavera.

Altura de planta (AP)

Para la altura promedio de las plantas se utilizó una regla graduada de 50 cm de longitud y 1 mm de precisión la cual se colocó aleatoriamente en cada parcela, de forma que la parte inferior de la regla graduada (0 cm) quedará a nivel de suelo. Posteriormente, un dispositivo con el que cuenta la regla se acomodó de manera vertical arriba del dosel vegetal y se deslizó hacia abajo, hasta que tocó algún componente morfológico y registrando la altura de cinco mediciones. También se registró una medición por repetición con el plato que esta calibrado de tal modo que indirectamente mide la densidad del forraje la cual comprime y registra la altura. Consiste en apoyar esta herramienta en el suelo y dejar caer el plato hasta que toque las plantas.

Composición botánica y morfológica

Para determinar la composición botánica, se utilizó el forraje cosechado de *L. corniculatus* y se separó en sus componentes morfológicos: hojas, tallos, maleza y material muerto, se colocaron en una bolsa de papel y se pesaron en forma individual en una báscula digital Truper con capacidad para 500 g y una aproximación a 0.01 g, cada componente se secó por separado en una estufa de

aire forzado, a una temperatura de 55 °C durante 72 h para obtener su peso seco (AOAC, 1996). Para determinar la importancia, en porcentaje en el forraje cosechado, del componente botánica y morfológica se utilizó la siguiente fórmula: $PCM = (COMP * 100)$. Donde: PCM= porcentaje por componente morfológico (%); COMP= submuestra del componente separado; R= rendimiento de forraje ($kg MS ha^{-1}$).

Relación hoja-tallo

Los datos originados a partir de la composición morfológica (hoja y tallo) de las plantas de *L. corniculatus* se utilizan para estimar la relación hoja: tallo, la cual se calculó mediante la siguiente fórmula: $H:T = H/T$. Donde: H:T= relación hoja: tallo; H= peso seco del componente hoja ($kg MS ha^{-1}$); T= peso seco del componente tallo ($kg MS ha^{-1}$).

Tasa de crecimiento promedio

Con los datos de rendimiento de forraje por corte se calculó la tasa de crecimiento (TC) al dividir la cantidad de crecimiento de forraje cosechado semanalmente entre el tiempo transcurrido. Mediante la siguiente fórmula: $TC = FC/t$. Donde: FC= forraje cosechado ($kg MS ha^{-1}$); t= días transcurridos entre un corte y el siguiente.

Radiación interceptada

Para realizar esta medición se utilizó un ceptómetro AccuPAR modelo LP-80 que cuenta con sensores que captan la radiación fotosintéticamente activa (PAR), distribuidos homogéneamente sobre una barra de un metro. Después de calibrarlo se colocó la barra a nivel de piso para hacer la medición la cual se registró en una pantalla. Se realizaron cinco mediciones por repetición. Para obtener la radiación interceptada del radiómetro se utilizó la siguiente fórmula: $RI = 100 - (RS/RT * 100)$. Donde: RI= radiación interceptada (%); RT= radiación total sobre el dosel (fotones); RS= radiación a nivel de suelo (fotones).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza con el procedimiento GLM del programa estadístico Statistical Analysis System (SAS, 1999), utilizando el modelo correspondiente al diseño utilizado. Posteriormente se hizo una comparación de medias de cada variable dependiente se hizo mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$) y un análisis de regresión para cada variable con el objetivo de describir la tendencia, su coeficiente de determinación y significancia.

Resultados y discusión

Rendimiento de forraje

Al analizar el comportamiento de las variables que se evaluaron, se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) para las variables peso fresco y peso seco de tallo, hoja, maleza y material muerto en función de las densidades de siembra. El Cuadro 1 muestra la comparación de medias de rendimiento de forraje por componente botánico y morfológico de *L.*

corniculatus L., del genotipo 202700 a diferentes edades, observándose que las variables aumentaron en forma constante siendo la densidad D2 superior en cuanto a peso fresco, peso seco, tallos, hojas, M y MM todos ellos en kg MS ha⁻¹ y la RI (%) que la D1 siendo esta última la de mayor valor para la variable H:T.

Cuadro 1. Rendimiento de forraje por componente botánico y morfológico de *Lotus corniculatus* L. genotipo 202700, en función de dos densidades de siembra.

Trat	Pf (kg)	Ps (kg)	T (kg)	H (kg)	H:T (kg)	M (kg)	MM (kg)	RI (%)
D1	17 680 b	3 120 b	146 b	310 b	2.12 a	37 b	14 b	77 b
D2	21 280 a	3 720 a	160 a	321 a	2 b	39 a	17 a	83 a

a, b, c= letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes. Tukey al 0.05. Trat= tratamiento; D1= 12 000 plantas ha⁻¹; D2= 16 000 plantas ha⁻¹; Pf= peso fresco; Ps= peso seco; H-T= relación hoja-tallo; M= maleza; MM= material muerto (kg de ms ha⁻¹); RI= radiación interceptada.

Composición botánica y morfológica

El Cuadro 2 muestra la comparación de medias de rendimiento de forraje por componente botánico y morfológico de *L. corniculatus*, en función de ocho cortes consecutivos semanales, observándose que las variables aumentaron en forma constante y mostraron diferencias estadísticas ($p < 0.05$), los resultados más altos para las variables fueron los siguientes: para peso fresco se lograron a los 42 días (28 060 kg) y 49 días (27 840 kg), peso seco a los 42 días (4 882 kg), para tallos a los 42 días (267 kg) y 56 días (262 kg), hojas a los 42 días (428 kg), 49 días (434 kg) y 56 días (439 kg), relación hoja-tallo a siete días (125 kg), 14 días (125 kg) y 21 días (126 kg), para maleza a los 42 días (43 kg), material muerto a siete días (20 kg) después se mantuvo constante al rebrote y la mayor cantidad de radiación interceptada (RI) se consiguió a los 49 días (92%). Los modelos de regresión y coeficientes de determinación fueron altos ($R^2 > 0.96$) en las variables evaluadas, el modelo que mejor se ajustó fue el polinómico (Figuras 1, 2, 3, 6, 7) para los dos tratamientos.

Cuadro 2. Rendimiento de forraje por componente botánico y morfológico de *Lotus corniculatus* L. genotipo 202700, en función de días después del corte.

DDC	Pf (kg)	Ps (kg)	T (kg)	H (kg)	H:T (kg)	M (kg)	MM (kg)	RI (%)
7	2 335 f	800 g	24 g	71 f	2.95 a	37 de	20 a	51 e
14	8 462 e	2 020 f	59 f	182 e	3.08 a	35 e	16 bc	62 d
21	14 510 d	2 775 e	82 e	249 d	3.04 a	35 e	14 de	76 c
28	20 692 c	3 482 d	139 d	326 c	2.35 b	36 de	13 e	88 b
35	26 452 b	4 140 c	208 c	395 b	1.90 bc	40 bc	14 cd	91 a
42	28 060 a	4 510 b	247 b	428 a	1.73 c	43 a	16 b	91 a
49	27 840 a	4 882 a	267 a	434 a	1.63 c	42 ab	16 b	92 a
56	27 425 ab	4 730 ab	262 a	439 a	1.68 c	38 cd	16 b	91 a

a, b, c= letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes. Tukey al 0.05. DDC= días después del corte; Pf= peso fresco; Ps= peso seco; T= tallo; H= hoja; H-T= relación hoja-tallo; M= maleza; MM= material muerto kg de Ms ha⁻¹; RI= radiación interceptada.

Tasa de crecimiento promedio

En la Figura 1 se muestran los resultados obtenidos los que se muestra en forma constante el crecimiento alcanzando el punto máximo a los 42 días para las dos densidades con tendencia a disminuir a partir de la sexta semana; Wilson *et al.* (2017) en curvas de crecimiento de tres líneas de cebada y Rojas *et al.* (2018) en pasto cobra, encontraron un comportamiento similar y mencionan que los mayores rendimientos se obtienen en la sexta semana de rebrote y después tienden a disminuir, lo anterior se corrobora con los datos obtenidos. Hodgson (1990) menciona que el balance entre la tasa de crecimiento y pérdida de biomasa de una pradera varía en la estación del año, por lo que el conocimiento de los cambios estacionales en la curva de crecimiento permite establecer la frecuencia de defoliación a la que se deben cosechar para obtener un alto rendimiento de forraje de buena calidad (Calzada *et al.*, 2014).

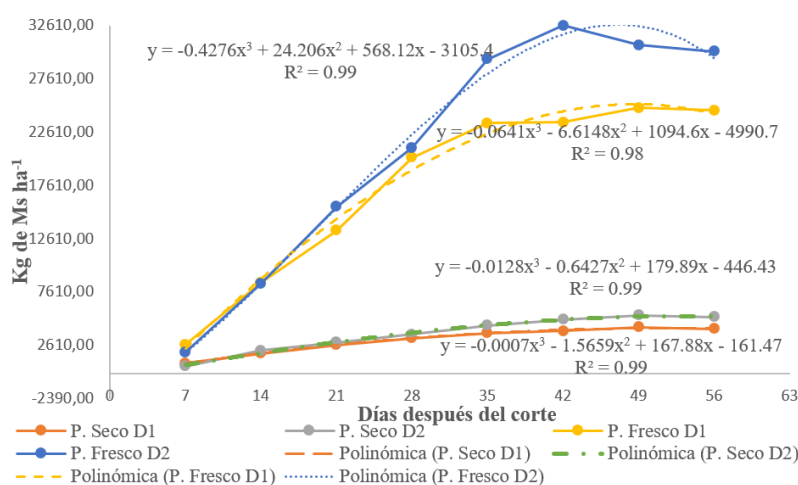


Figura 1. Cambios en la tasa de crecimiento a través del tiempo (56 días) de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) y rendimiento de materia seca a dos densidades de siembra. D1= 12 000 plantas ha⁻¹; D2= 16 000 plantas ha⁻¹.

Mencionan que la tasa de crecimiento del pasto maralfalfa, se determinó por presentar un aumento constante, desde la germinación hasta obtener un máximo a 151 días, decreciendo a partir de dicho momento. Beltrán *et al.* (2005), encontraron que la mayor tasa de crecimiento está relacionada con la mayor cantidad de raíz y que se reduce como resultado del aumento gradual en la tasa de senescencia y la reducción en la tasa de fotosíntesis neta por unidad de superficie.

Cambios en la acumulación de forraje

Las curvas de tasa de crecimiento y rendimiento de materia seca de *L. corniculatus* L., a diferentes densidades de siembra D1: 12 000 plantas ha⁻¹ y D2: 16 000 plantas ha⁻¹ se observa el desarrollo máximo a los 49 y 42 días respectivamente (Figura 1). La dinámica de acumulación de forraje (Figura 2) en tallo 245.6 y 288.5 kg MS ha⁻¹ a los 49 días para D1 y D2 respectivamente, para la variable hoja 429.35 kg MS ha⁻¹ a los 56 días para D1 y 451.5 kg MS ha⁻¹ a los 42 días para D2.

El crecimiento aumentó progresivamente conforme avanzó la edad de rebrote en la curva de rendimiento total de la planta (Figura 3). La mayor acumulación de materia seca para la D1 con 4315 kg MS ha⁻¹ (Figura 4) y la D2 se obtuvo a los 49 días con 5 450 kg MS ha⁻¹ (Figura 5). Para

el caso de hoja el máximo rendimiento fue de 429.35 y 449.15 kg MS ha⁻¹ para D1 y D2, en cuanto al rendimiento de tallo se observó el mismo comportamiento 245.60 y 288.50 kg MS ha⁻¹ respectivamente (Figuras 2, 3 y 4). Con respecto a los componentes, tallo y material muerto (Figuras 4 y 5) se observa que están ordenados de manera positiva con el desarrollo de las plantas, lo que concuerda con otros estudios Zebadúa *et al.* (2001); Lafarge y Loiseau. (2002); Amaro *et al.* (2004); Calzada *et al.* (2014); Calzada *et al.* (2018); Gutiérrez *et al.* (2018); Rojas *et al.* (2019), mencionan que la producción de tallo es un factor clave muy significativo en el soporte de la pradera, lo que resalta la importancia del monitoreo de la producción.

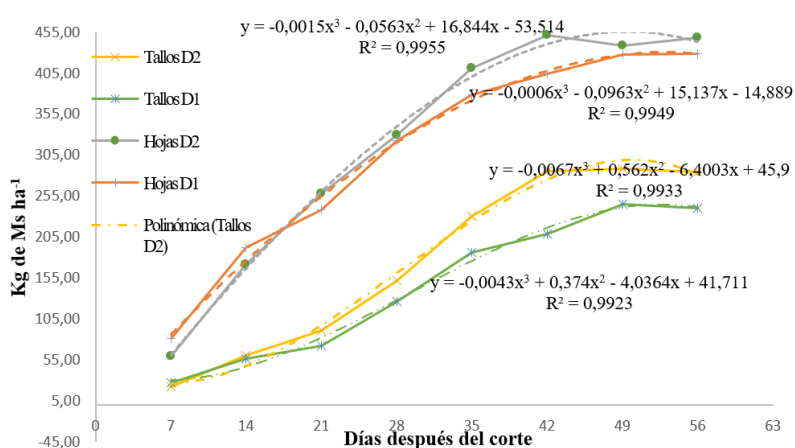


Figura 2. Dinámica de acumulación de forraje en tallos y hojas de Trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) en dos densidades de siembra en ciclo de crecimiento de 56 días. D1= 12 000 plantas ha⁻¹; D2= 16 000 plantas ha⁻¹.

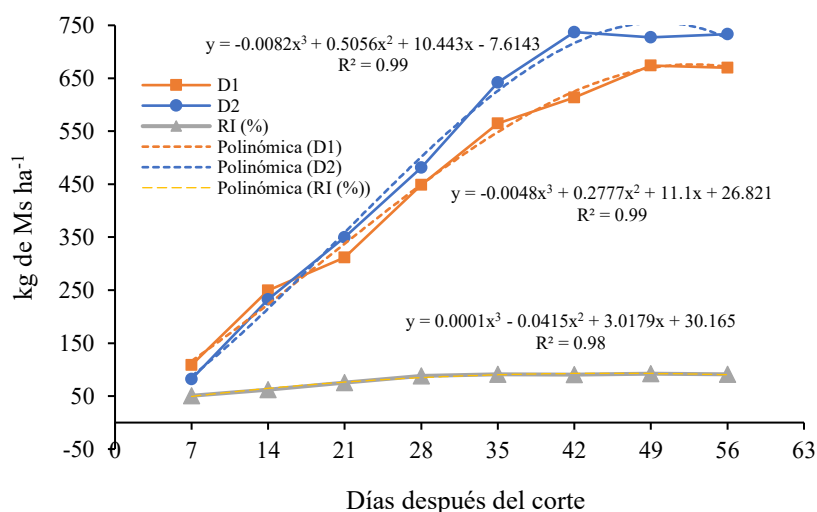


Figura 3. Rendimiento total de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) en una pradera con dos densidades de siembra en ciclo de crecimiento de 56 días. D1= 12 000 plantas ha⁻¹; D2= 16 000 plantas ha⁻¹; RI= radiación interceptada.

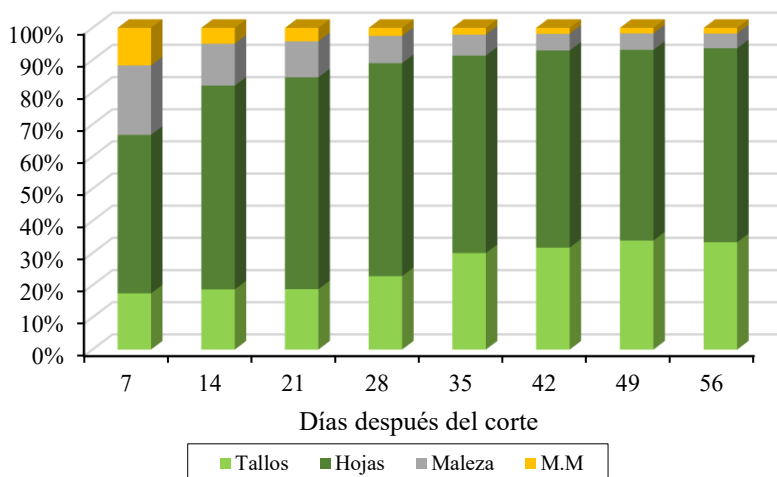


Figura 4. Cambios en la composición botánica y morfológica en una pradera de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) con densidad de siembra de 12 000 plantas ha⁻¹ en ciclo de crecimiento de 56 días. M.M= material muerto.

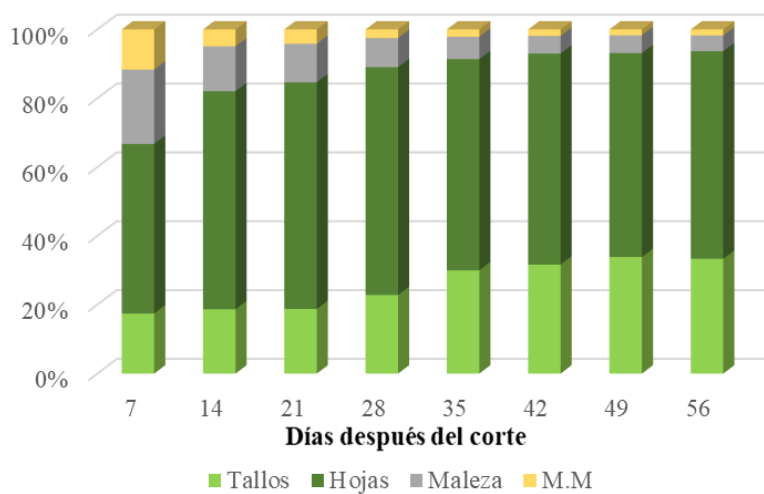


Figura 5. Cambios en la composición botánica y morfológica en una pradera de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) con densidad de siembra de 16 000 plantas ha⁻¹ en ciclo de crecimiento de 56 días. M.M= material muerto.

Los mayores rendimientos de hoja, combinados con la mayor relación H: T el punto máximo se alcanzó a los 21 días después del corte para ambas densidades con 113.84 kg MS ha⁻¹ para D1 y 131.08 kg MS ha⁻¹ para D2, la acumulación de materia seca en hoja fue superior al de tallo, posterior a esa edad, la relación comenzó a invertirse hasta los 56 días (Figura 6).

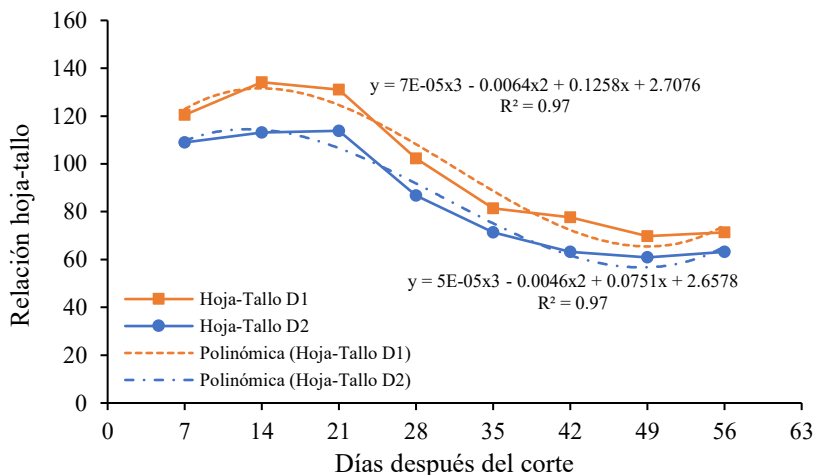


Figura 6. Cambios a través del tiempo en la relación hoja-tallo de Trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.). D1= 12 000 plantas ha⁻¹; D2= 16 000 plantas ha⁻¹.

Altura de planta (AP)

En cuanto a esta variable al primer aprovechamiento, hubo cambios a través del tiempo (Figura 7) con los dos métodos utilizados, con el método de la regla se obtuvieron los datos más altos para D1 a los 49 días con 23.58 cm y 32.03 cm para la D2 a los 56 días, mientras que con el método del plato se consiguieron datos más altos para D1 con 20.94 cm y 32.81 cm para la D2 a los 56 días. Resultados similares reportan García *et al.* (2015); Álvarez *et al.* (2018) evaluando distintos genotipos de *L. corniculatus* en la misma zona de estudio.

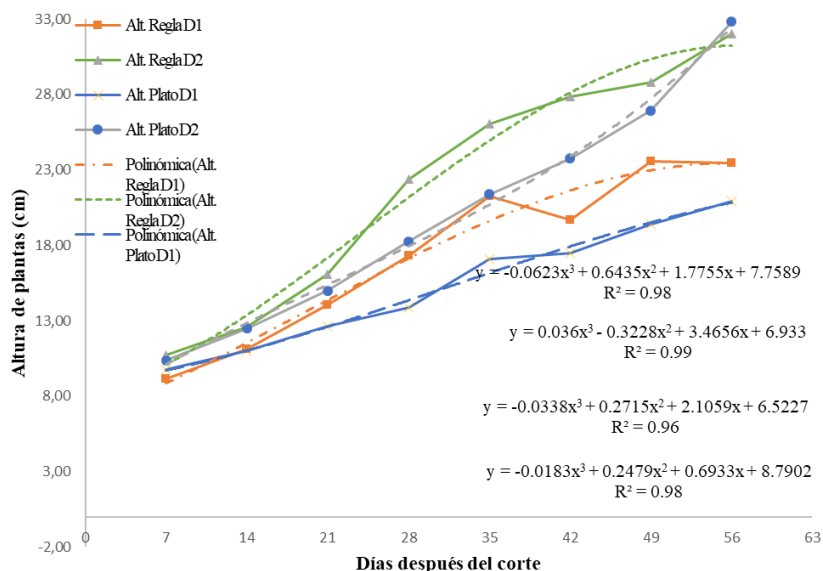


Figura 7. Cambios a través del tiempo en altura de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.). Alt.= altura; D1= 12 000 plantas ha⁻¹; D2= 16 000 plantas ha⁻¹.

Radiación interceptada

En el Cuadro 1 y 2 se presentan los resultados promedio de radiación interceptada (%) por tratamiento 77% para la D1 y 83% para la D2 y entre cortes para cada semana (Figura 3) 51, 62, 76, 88, 91, 91, 92, 91% respectivamente, alcanzando el punto máximo a los 49 días. En la Figura 4 y 5 se presentan los rendimientos promedio por componente, observándose que la hoja fue la que más aportó al rendimiento (60.87%) seguido por tallo (25.84%), maleza (9.46%), MM (3.83%) para la D1 y para la D2 hoja (57.41%), seguido por tallo con (28.7%), maleza (9.41%), MM (4.49%).

En trabajos realizados en pastos tropicales y templados Hodgson (1990); Da Silva y Hernández (2010); Wilson *et al.* (2018) mencionan que el punto óptimo de cosecha de las plantas es al llegar al 95% de intercepción luminosa donde existe poca acumulación de material muerto y mayor cantidad de hoja. Wilson *et al.* (2017) en avena no encontraron la máxima radiación interceptada esperada por condiciones ambientales y posiblemente a que se demandan mayores densidades de siembra. Juskiw *et al.* (2000) encontraron que la densidad de siembra, método de siembra, y fecha de muestreo tienen un efecto significativo en la cantidad de variables botánicas y morfológicas, por lo que posiblemente alguna de estas variables o la combinación de ellas no permitió alcanzar 95% de RI, datos que en este trabajo tampoco se alcanzó ese punto (92%).

Conclusiones

De los componentes del rendimiento, la hoja fue la que mayor cantidad aportó al rendimiento de forraje en la estación de primavera para las dos densidades evaluadas. La acumulación de forraje y los componentes tallo, maleza y material muerto, están relacionados de manera positiva con la madurez de la planta y el incremento de materia seca fue proporcional a la edad de rebrote, alcanzándose el máximo rendimiento para la estación de primavera a los 49 días.

En cuanto a radiación interceptada, en el punto máximo se obtuvo 92% a los 49 días. La altura de las plantas se comportó de manera positiva conforme se desarrollaba la pradera notándose cambios en relación con la densidad de siembra. La densidad con mejor comportamiento en general fue la D2 por lo que se concluye que *Lotus corniculatus* L. es un material que presenta una buena aptitud forrajera en cuanto a rendimiento de materia seca y cantidad de hojas. Se recomienda continuar estas investigaciones utilizando lapsos mayores tiempo de evaluación para determinar un análisis de crecimiento anual.

Literatura citada

- Álvarez, V. P.; Hernández, G. A.; García, S. G.; Guerrero, R. J. D.; Mendoza, P. S. I.; Ortega, C. M. E. y Wilson, G. C. Y. 2018. Potencial forrajero de *Lotus corniculatus* L. con diferentes estrategias de manejo. *Agroproductividad*. 11(5):24-29.
- Amaro, J. A. P.; Moya, E. G.; Quiroz, J. F. E.; Carrillo, A. R. Q.; Pérez, J. P. y Garay, A. H. 2004. Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto "mulato" (*Brachiaria* híbrido). *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 42(3):447-458.
- AOAC. 1996. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of AOAC International. 16ª Ed. Washington, DC. USA.

- Beltrán, L. S.; Hernández, G. A.; García, M. E.; Pérez, P. J.; Kohashi, S. J.; Herrera, H. J. G. y González, M. S. S. 2005. Efecto de la altura y frecuencia de corte en el crecimiento y rendimiento del pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en un invernadero. *Agrociencia*. 39(2):137-147.
- Calzada, M. J. M.; Enríquez, Q. J. F.; Hernández, G. A.; Ortega, J. E. y Mendoza, P. S. I. 2014. Análisis de crecimiento del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en clima cálido subhúmedo. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 5(2):247-260.
- Calzada, M. J. M.; Ortega, J. E.; Enríquez, Q. J. F.; Hernández, G. A.; Vaquera, H. H. y Escalante, E. J. A. 2018. Análisis de crecimiento del pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum* Schum) en clima cálido subhúmedo. *Agroproductividad*. 11(5):69-75.
- Da Silva, S. C. y Hernández, G. A. 2010. Manejo del pastoreo en praderas tropicales. *In*: Velasco, Z. M. E. Ed. Los forrajes y su impacto en el trópico. Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH). Chiapas, México. 63-95 pp.
- Elizondo, S. J. A. y Boschini, F. C. 2001. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Agron. Mesoam.* 12(2):181-187.
- Frame, J. Ch. J. F. L. and Laidlaw, A. S. 1998. Birdsfoot trefoil and Greater *Lotus* temperate forage legumes. Chapter 6. Lab. International. Walingford. 245-271 pp.
- García, A. E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4^{ta}. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, DF. 217 p.
- García, B. D. V.; Guerrero, R. J. D.; García, S. G. y Lagunes, R. S. A. 2015. Rendimiento y calidad de forraje de genotipos de *Lotus corniculatus* en el Estado de México. *Nova Scientia*. 7(13):170-189.
- Gutiérrez, A. A. F.; Hernández, G. A.; Vaquera, H. H.; Zaragoza, R. J. L.; Luna, G. M. J.; Reyes, C. S. y Gutiérrez, A. D. A. 2018. Análisis de crecimiento estacional de trébol blanco (*Trifolium repens* L.). *Agroproductividad*. 11(5):62-69.
- Hodgson, G. J. 1990. *Grazing management science into practice*. 1st. Ed. Harlow, England. Longman Scientific Technical. 203 p.
- Ixtaina, V. Y. and Mujica, M. M. 2010. Seedling vigor response of *Lotus tenuis* populations to contrasting variations of water and nutrient availability. *Agrociencia*. 44(1):31-41.
- Juskiw, P. E.; Helm, J. H. and Salmon, D. F. 2000. Postheading biomass distribution for monocrops and mixtures of small grain cereals. *Crop. Sci.* 40(1):148-158.
- Lafarge, M. and Loiseau, P. 2002. Tiller density and stand structure of tall fescue swards differing in age and nitrogen level. *Eur. J. Agron.* 17(3):209-219.
- Reta, S. D. G.; Mascorro, G. A. y Carrillo, A. J. S. 2000. Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. *Rev. Fitotec. Mex.* 23(1):37-48.
- Rojas, G. A. R.; Torres, S. N.; Maldonado, P. M. D. L. Á.; Sánchez, S. P.; García, B. A.; Mendoza, P. S. I. y Hernández, G. A. 2018. Curva de crecimiento y calidad del pasto cobra (*Brachiaria hibrido* BR02/1794) a dos intensidades de corte. *Agroproductividad*. 11(5):34-39.
- Rojas, G. A. R.; Torres, S. N.; Maldonado, P. M. D. L. Á.; Herrera, P. J.; Sánchez, S. P.; Cruz, H. A. y Hernández, G. A. 2019. Rendimiento de forraje y sus componentes en variedades de alfalfa en el altiplano de México. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 10(1):239-253.
- SAS. 1999. *User's guide. Statistics, version 8*. 6th. Ed. SAS Inc. Cary, North Carolina, USA. 956 p.
- Solís, M. E.; Ríos, R. S. A.; García, N. H.; Arévalo, V. A.; Grageda, C. O. A.; Vuelvas, C. M. A. y Peña, M. R. 2007. Producción de trigo de riego en el Bajío. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Campo Experimental Bajío. Celaya, Guanajuato, México. Folleto técnico núm. 3. 94 p.

- Subedi, K. D.; Ma, B. L. and Smith, D. L. 2006. Response of a leafy and non-leafy maize hybrid to population densities and fertilizer nitrogen levels. *Crop Sci.* 46(5):1860-1869.
- Wilson, G. C. Y.; Hernández, G. A.; Ortega, C. M. E.; Bárcena, G. R.; Zaragoza, R. J. L. y Aranda, O. G. 2017. Análisis del crecimiento de tres líneas de cebada para producción de forraje. *Rev. Fac. Cienc. Agrar.* 49(2):79-92.
- Wilson, G. C. Y.; López, Z. N. E.; Ortega, C. M. E.; Crosby, G. M. M.; Rojas, G. A. R. y Hernández, G. A. 2018. Acumulación de forraje, composición morfológica e intercepción luminosa en trigos (*Triticum* sp.). *Agroproductividad.* 11(5):82-87.