

Respuesta productiva de trébol pata de pájaro en función del porcentaje de luz interceptada

Perpetuo Álvarez Vázquez¹

Sergio Iban Mendoza Pedroza^{2§}

Gabino de Los Santos García³

Juan De Dios Guerrero Rodríguez⁴

Adelaido Rafael Rojas García⁵

Juan Antonio Encina Domínguez¹

¹Departamento de Recursos Naturales Renovables-UAAAN. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila. CP. 25315. (perpe_alvmiz@hotmail.com; jaencinad@gmail.com). ²Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería-Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera Méx-Tex km 36.5, Montecillo, Texcoco, México. CP. 56230. ³Recursos Genéticos y Productividad-Producción de Semillas-Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. (garciag@colpos.mx). ⁴Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional-Campus Puebla-Colegio de Postgraduados. Puebla, México. CP. 72760. (grjuan2000mx@yahoo.com). ⁵Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia núm. 2-Universidad Autónoma de Guerrero. Cuajinicuilapa, Guerrero, México. CP. 41940. (rogarcia@uagro.mx).

§Autor para correspondencia: sergiomp@colpos.mx.

Resumen

La productividad de una especie forrajera puede ser descrita en términos del comportamiento de sus componentes morfológicos y la combinación con el ente en la pradera. El objetivo fue evaluar el comportamiento productivo de trébol pata de pájaro (*L. corniculatus*), bajo diferentes estrategias de defoliación. El experimento se llevó a cabo en el Colegio de Postgraduados de septiembre 2015 a septiembre de 2016, en un diseño de bloques al azar, con tres repeticiones, con la hipótesis, que al cosechar la especie al 95% de luz interceptada (LI) se tiene un mejor comportamiento productivo. Un intervalo de corte fijo (CF), tuvo menor producción en invierno (3 441 kg MS ha⁻¹), verano (5 024 kg MS ha⁻¹) y anual acumulado (20 710 kg MS ha⁻¹), respecto al resto de los tratamientos (26 689 kg MS ha⁻¹, promedio anual). También, manifestó menor altura de planta (21 vs 26 cm, promedio en la LI). No obstante, el CF tuvo mayor relación hoja: tallo, tanto estacional como promedio anual (2.3 vs 1.5 promedio en la LI). Los valores estacionales más altos fueron en otoño e invierno (1.9). En primavera y verano se presentaron las alturas mayores con 29 cm vs invierno con 19 cm. La hoja aportó 51% al rendimiento anual, seguida por el tallo, maleza y material muerto con 32, 10 y 6%, respectivamente. En conclusión, el mejor comportamiento productivo de trébol pata de pájaro, genotipo 260012, se presentó en las estrategias de cosecha de LI respecto al CF.

Palabras clave: composición botánica y morfológica, intervalos de cosecha, producción de forraje.

Recibido: febrero de 2020

Aceptado: abril de 2020

Introducción

La productividad de una especie forrajera puede ser descrita en términos del comportamiento de sus componentes morfológicos y la combinación con el ente en la pradera (Sbrissia y Da Silva, 2008). Esta puede estar influenciada por variables medioambientales como la temperatura (Duru y Ducrocq, 2000), disponibilidad de agua, nutrientes (Martuscello *et al.*, 2005), manejo de la defoliación (Sousa *et al.*, 2010) y la luz (Van Esbroeck *et al.*, 1989). Es así como, las variaciones temporales en la intensidad de la luz tienen consecuencias ecológicas sobre las plantas, afectando la fotosíntesis, morfología, tolerancia a la sombra, crecimiento y supervivencia de la especie (Kimmins, 1987).

Sin embargo, la medición de la luz bajo el dosel de una población vegetal es complicada, ya que, existe una distribución irregular de radiación solar en el espacio y en el tiempo y una distribución variable de claros en el dosel (Geiger *et al.*, 2003), aunado a que el dosel vegetal, como una estructura tridimensional, cambia con el tiempo (Grant, 2009).

En algunos estudios se ha evaluado el crecimiento de cultivos forrajeros mediante el análisis del porcentaje de intercepción de luz recibida por el dosel vegetal (Gobbi *et al.*, 2009; Crestani, 2015), además de otras variables que se correlacionan con la producción de forraje y su estructura, como la altura de la pradera y el índice de área foliar (Hammer *et al.*, 2002).

Por tanto, la combinación de variables medidas en la pradera, nos puede conducir a desarrollar diferentes estrategias de manejo en especies donde los criterios de cosecha se han basado en periodos de descanso y no en la fisiología de la planta y su dinámica de crecimiento (Paciullo *et al.*, 2008). *Lotus corniculatus* L., conocido comúnmente con trébol pata de pájaro, es una especie forrajera con un alto potencial productivo, que comprende una amplia variedad de cultivares (Naydenova *et al.*, 2015).

Es la especie, dentro del género *Lotus*, con mayor importancia agronómica ya que, se puede utilizar en pastoreo, como heno, o ensilado, aunado a su valor nutricional alto similar o mayor a *Medicago sativa* L. y *Trifolium* ssp. (Escaray *et al.*, 2012) además, no produce timpanismo cuando es utilizada en pastoreo, debido a la presencia de taninos condensados (MacAdam *et al.*, 2013).

Es una especie adaptada a diferentes tipos de suelo y condiciones climáticas, como bajas temperaturas, sequías (Vasileva *et al.*, 2014), resistencia a la deficiencia de fósforo, altas concentraciones de aluminio y magnesio (Mitev y Naydenova, 2008). Sin embargo, esta leguminosa no ha sido estudiada en forma extensa en México. Por lo tanto, la generación de conocimiento sobre la productividad y cambios morfológicos de esta especie es relevante para obtener un óptimo comportamiento de productivo de la especie (Álvarez *et al.*, 2018a). Por consiguiente, el objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento productivo de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) bajo diferentes estrategias de defoliación.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, México (19° 29' N, 98° 54' latitud norte y 2 250 msnm en altitud), de septiembre de 2015 a septiembre de 2016, como una continuación a un trabajo anterior de septiembre de 2014 a septiembre de

2015 (Álvarez *et al.*, 2018b). La región climática es clasificada como templada sub-húmeda con precipitación de 645 mm promedio anual y temperatura media anual de 15 °C (García, 2004).

Las condiciones de clima (temperatura y precipitación) durante el estudio fueron tomadas de la estación meteorológica de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), ubicada a próximamente a 2 km del sitio experimental (Figura 1). La textura del suelo se caracteriza como franco arenoso, ligeramente alcalina con pH de 7.8 (Delgado *et al.*, 2014).

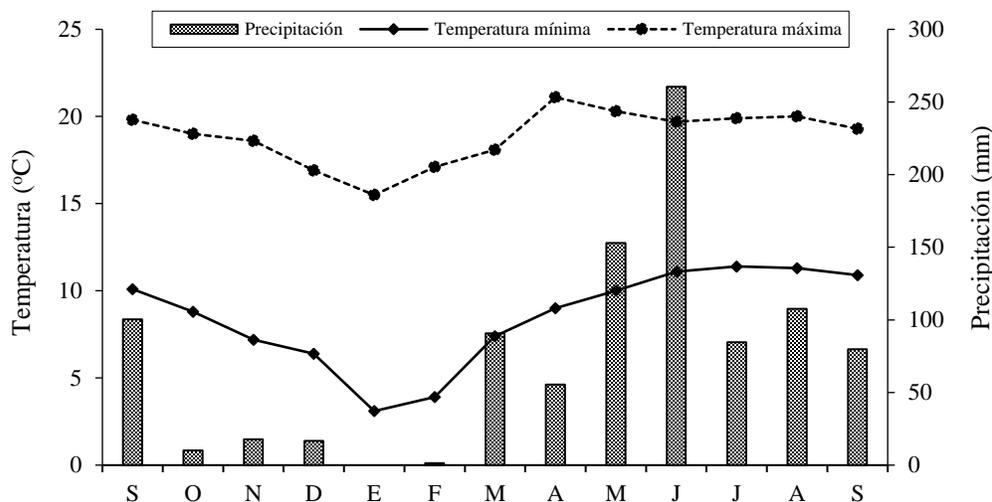


Figura 1. Distribución de la precipitación (barras grises) y temperaturas medias (línea continua y punteada) durante el periodo experimental (septiembre 2015-2016).

Se utilizó una pradera de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) genotipo 260012 de un área de 192 m² (16*12 m), establecida mediante trasplante en marzo de 2014 a una distancia entre planta de 33 cm. La pradera fue dividida en tres bloques, con cuatro parcelas de 4 m² (2*2 m), donde se ubicaron los tratamientos de manera aleatoria, generando un total de 12 unidades experimentales. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, con tres repeticiones. Los tratamientos correspondieron a cuatro intervalos de cosecha de acuerdo a tres porcentajes de luz interceptada (LI; 90, 95 y 100%) y un corte fijo (CF) que fue definido por estación del año (primavera-verano 28, otoño 35 e invierno cada 42 días entre corte).

El porcentaje de luz interceptada por el dosel de la planta fue monitoreada semanalmente alrededor del mediodía, con un analizador del dosel llamado AccuPAR linear PAR/LAI Ceptometer, modelo PAR-80 (Decagon Devices), tomando seis lecturas abajo del dosel de manera aleatoria en cada parcela (Carnevali *et al.*, 2006), generando intervalos de cortes como se muestra en el Cuadro 1.

Las variables evaluadas fueron: rendimiento de forraje (RF), Composición Botánica y Morfológica (CBM), relación hoja: tallo (R:H/T) y altura de planta (AP), cuando la parcela alcanzó un 90, 95, 100% LI, o uno de los intervalos de cosecha dependientes de la estación del año (CF: corte fijo). El RF, fue determinado en dos cuadrantes fijos de 0.25 m² (50 x 50 cm) cosechando manualmente con una hoz, el total de la biomasa presente en cada cuadrante pos-corte en cada ciclo de rebrote.

Cuadro 1. Intervalos de cortes (días, promedio estacional) de trébol pata de pájaro (*L. corniculatus* L.) genotipo 260012, en función del porcentaje de luz interceptada (LI) y un corte fijo (CF) definido estacionalmente.

IC	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	\bar{x}
90	53	82	42	42	55
95	54	84	46	56	60
100	63	85	53	56	64
CF	35	42	28	28	33
\bar{x}	51	73	42	46	53

Corte fijo (CF)= otoño= 35, invierno= 42 y primavera-verano= 28 días entre corte; IC= intervalo de corte.

De cada muestra del forraje cosechado se tomó una sub-muestra de aproximadamente 10%, separándola en hoja, tallo, material muerto y maleza, para determinar la CBM, de la cual se consideró el peso de la hoja y del tallo para estimar la R:H/T. Posteriormente, se sometió el material a un proceso de secado por 72 h, a 60 °C hasta peso constante en una estufa de aire forzado modelo Felisa-FE243A.

Para determinar la mejor estrategia de cosecha, los datos fueron organizados por estación y analizados mediante el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico Statistical Analysis System, versión 9.4 (SAS, 2009), para Windows, conforme a un diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Se compararon las medias a través de la prueba Tukey, adoptando a 5% de significancia. De esta forma, se verificó posibles diferencias e interacciones, entre frecuencias de cosecha (90, 95, 100% LI y CF) y estaciones del año.

Resultados y discusión

Rendimiento de forraje

El RF vario significativamente entre intervalos de cosecha (IC) y estación del año (Cuadro 2). Este fue afectado por el IC ($p < 0.0001$) y la estación del año ($p < 0.0001$). Un intervalo de CF causó una menor producción de forraje en las estaciones de invierno (3 441 kg MS ha⁻¹), verano (5 024 kg MS ha⁻¹) y en el anual acumulado (20 710 kg MS ha⁻¹), respecto a los intervalos de cosecha dependientes del porcentaje de luz interceptada. De acuerdo con Duru y Ducroq (2000), las plantas con una mayor frecuencia de defoliación (Cuadro 1), presentan menor rendimiento de forraje, causado por una reducción en la multiplicación de las células.

Cuadro 2. Rendimiento de forraje (kg MS ha⁻¹) de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) genotipo 260012, dependiente del intervalo de cosecha (90, 95 y 100% LI y CF) y la estación del año.

IC ¹	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Anual	EEM
90	6 256 Ab	5 640 Ab	9 215 Aa	7 111 ABab	28 222 A	897
95	5 947 Ab	5 799 Ab	8 669 Aa	7 547 Aab	27 962 A	738
100	5 729 Abc	4 716 ABc	7 510 Aa	5 929 BCb	23 884 AB	420

IC ¹	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Anual	EEM
CF	4 581 Ab	3 441 Bb	7 664 Aa	5 024 Cb	20 710 B	782
\bar{x}	5 628 bc	4 899 c	8 265 a	6 403 b	25 194	497
EEM	687	533	1 037	553	5 442	

Medias con la misma letra mayúscula en la columna y misma letra minúscula en la hilera no difieren significativamente (Tukey; $p > 0.05$). LI= luz interceptada; IC= intervalo de cosecha; EEM= error estándar medio; corte fijo (CF)= otoño= 35, invierno= 42 y primavera-verano= 28 días entre corte; ¹= efecto de la interacción IC x estación del año ($p \leq 0.05$).

Es así como, al final del año las frecuencias de cosecha 90 y 95% LI fueron mayores al CF, con valores de 28 222, 27 962 y 20 710 kg MS ha⁻¹, respectivamente, lo cual pudo ser causado por una pobre acumulación de tallos a nivel de la corona (Da Silva *et al.*, 2010; Cuadro 3). En general, de manera estacional, el RF varió de 3 441 kg MS ha⁻¹ en invierno en el CF, a 8 265 kg MS ha⁻¹ en verano en 95% LI. Esta última estrategia de manejo presentó el mayor rendimiento en las estaciones de invierno, verano con 5 799 y 7 547 kg MS ha⁻¹, respectivamente ($p > 0.05$).

Por lo que, las condiciones de cosecha con 95% LI, en el invierno, verano y en la acumulación anual, el RF fue mayor al CF ($p < 0.05$). En las estaciones de otoño y primavera no hubo diferencias entre las diferentes estrategias de cosecha (Cuadro 2). Sin embargo, si hubo diferencias entre estaciones ($p < 0.05$), primavera fue mayor (8 265 kg MS ha⁻¹) a lo registrado en invierno (4 899 kg MS ha⁻¹). Lo anterior, fue probablemente el resultado de una mayor y menor producción de hoja, tallo y altura de planta, en los diferentes intervalos de cosecha, dentro de cada estación (Cuadro 3), con los que guarda una alta correlación (Rojas *et al.*, 2016).

Cuadro 3. Rendimiento de forraje anual (kg MS h⁻¹) por componente botánico y morfológico de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) genotipo 260012 en función del intervalo de cosecha (90, 95 y 100% LI y CF) y la estación del año.

IC ¹	Componente botánico y morfológico				EEM
	Hoja	Tallo	MM	Maleza	
90	15 087 Aa	10 548 Ab	711 BCc	1 908 Ac	1 523
95	13 291 Aa	9 408 ABb	2 376 Ac	2 933 Ac	841
100	11 600 Aa	7 905 Bb	2 180 ABc	2 223 Ac	1 028
CF	11 654 Aa	4 923 Cb	687 Cb	3 494 Ac	749
\bar{x}	12 908 a	8 196 b	1 489 c	2 639 d	439
EEM	1 378	958	565	1 228	

Medias con la misma letra mayúscula en la columna y misma letra minúscula en la hilera no difieren significativamente (Tukey; $p > 0.05$). LI= luz interceptada; IC= intervalo de cosecha; EEM= error estándar medio; corte fijo (CF)= otoño= 35, invierno= 42 y primavera-verano= 28 días entre corte; ¹= efecto de la interacción IC x estación del año ($p \leq 0.05$).

Composición botánica y morfológica

Los componentes morfológicos de la especie y composición botánica de la pradera fueron influenciados por el IC ($p < 0.0001$), componente ($p < 0.0001$), y la interacción de IC x componente ($p < 0.0001$). La frecuencia de cosecha del CF, resultó en menor producción de tallos y material

muerto, respecto al resto de los tratamientos ($p < 0.05$; Cuadro 3). Esto fue probablemente resultado de un menor periodo de rebrote en el CF de 33 días promedio anual, respecto a los intervalos de corte dependientes del porcentaje de luz interceptada de 55, 60 y 64 días, promedio anual para 90, 95 y 100% LI, respectivamente (Cuadro 1).

No obstante, la hoja y la maleza no difirieron entre tratamientos ($p > 0.05$); sin embargo, los promedios nos muestran que la hoja es el componente que mayor aporte al rendimiento anual hizo con 12 908 kg MS ha⁻¹ (Cuadro 3). La hoja aportó 51% del rendimiento anual (25 194 kg MS ha⁻¹, Cuadro 2), seguida por el tallo, maleza y material muerto con 32, 10 y 6%, respectivamente. Esto fue reflejado en un mayor y menor rendimiento de forraje total, dependiente la cantidad de hoja producida, entre estaciones y tratamientos, dado la alta correlación entre estas variables (Álvarez *et al.*, 2018a).

No obstante, también el tallo es un componente morfológico importante que permite un arreglo espacial de las plantas y acumulación de asimilados que traslocan a las hojas (Fagundes *et al.*, 2006). De acuerdo con Barbosa *et al.* (2011), la acumulación de tallos se incrementa en primavera y declina conforme hay un mayor déficit de agua y bajas temperaturas; durante otoño e invierno (Figura 2), alterando la relación hoja: tallo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Relación hoja tallo (R:H/T) de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) genotipo 260012 en función del intervalo de cosecha (90, 95 y 100% LI y CF) y la estación del año.

IC ¹	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	\bar{x}	EEM
90	1.9 Ba	1.5 Bb	1.1 Bc	1.4 Bbc	1.5 B	0.11
95	1.7 Ba	1.7 Ba	1.4 ABab	1 Cb	1.5 B	0.25
100	1.4 Bb	2.2 Aa	1.1 Bb	1.2 BCb	1.5 B	0.14
CF	2.6 Aa	2.4 Aa	1.7 Ab	2.5 Aa	2.3 A	0.17
\bar{x}	1.9 a	2 a	1.4 b	1.5 b	1.7	0.08
EEM	0.26	0.16	0.14	0.09	0.09	

Medias con la misma letra mayúscula en la columna y misma letra minúscula en la hilera no difieren significativamente (Tukey; $p > 0.05$). LI= luz interceptada; IC= intervalo de cosecha; EEM= error estándar medio; corte fijo (CF)= otoño= 35, invierno= 42 y primavera-verano= 28 días entre corte. ¹= efecto de la interacción IC x estación del año ($p \leq 0.05$).

Estacionalmente, la hoja fue afectada por el IC ($p < 0.0001$), estación del año ($p < 0.0001$) y la interacción IC x estación ($p = 0.0381$). Fue el componente más alto en todas las estaciones, seguido por el tallo, maleza y material muerto. Su mayor presencia fue en primavera con 5 551 kg MS ha⁻¹ (promedio de los IC; Figura 2).

Esto puede estar relacionado con una mayor disponibilidad de factores climáticos que favorecen su crecimiento tales como el agua, la temperatura y la luz (Barbosa *et al.*, 2011). De acuerdo con Marcelino *et al.* (2006), en condiciones ambientales adecuadas, las plantas incrementan las tasas de aparición y elongación de hoja, por lo que, hacen que la acumulación de biomasa dependa básicamente de la producción de hojas.

Por su parte, el tallo fue influenciado por el IC ($p < 0.0001$), estación del año ($p < 0.0001$) y la interacción Estación x IC ($p = 0.0185$). De forma similar a la hoja, este fue más alto en primavera con 3 204 kg MS ha⁻¹ (promedio de los intervalos de corte), favorecido por las óptimas condiciones ambientales (Barbosa *et al.*, 2011). En el caso de la hoja, solo en otoño y en primavera, el tratamiento con 90% LI, marcó diferencias con el resto de los intervalos de cosecha ($p < 0.05$) y por su parte, el tallo fue mayor en 90 y 95% LI al CF ($p < 0.05$), en todas las estaciones del año (Figura 2).

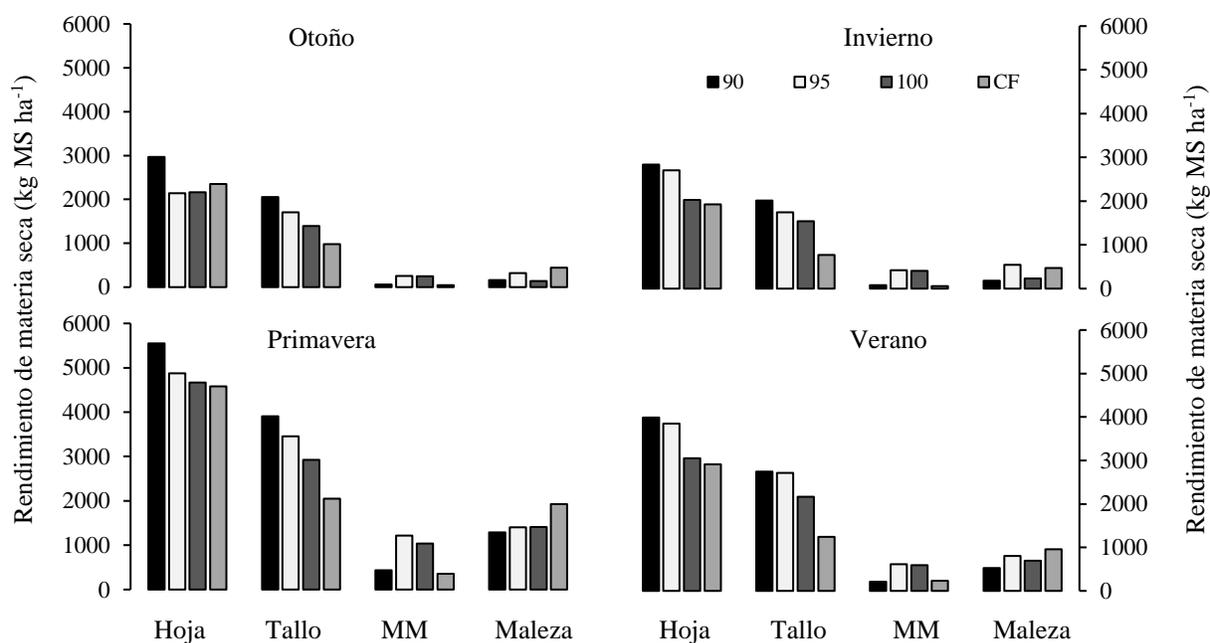


Figura 2. Composición botánica y morfológica de trébol pata de pájaro (*Lotus coniculatus* L.) genotipo 260012 a diversos intervalos de cosecha; 90, 95 y 100% LI y un corte fijo (CF) definido por estación (otoño: 35, invierno: 42 y primavera-verano: 28 días entre corte).

Una baja producción de tallos en el CF, puede ser explicada por un proceso de competición de intra-específica por factores de crecimiento como la luz, lo que da lugar al proceso conocido como ‘compensación tamaño/densidad de población de tallos’ (Matthews *et al.*, 1995; citado por Barbosa *et al.*, 2011). No obstante, la tasa de aparición de hojas determina la producción de tallos, ya que esta, se reduce e inicia la muerte de tallos cuando se rebasa 9% de intercepción de la luz incidente sobre la pradera y la calidad y cantidad de luz es limitante, por lo que, se aumenta el tamaño de los tallos para compensar el número de estos (Mazzanti *et al.*, 1994).

Además, cuando en la pradera se intercepta 100% de la luz inciden sobre el dosel de las plantas, la composición en el espectro de la luz cambia en el interior del dosel, reduciendo la luz infrarroja (Gautier *et al.*, 1999) y esta alteración reduce el amacollamiento y la biomasa de tallos (Barbosa *et al.*, 2011). A medida que el número de hojas aumenta, la planta invierte recursos en la elongación del tallo en un intento de colocar masa foliar en la parte superior del dosel de la pradera (Da Silva y Hernández, 2010).

Por lo que, la cantidad y calidad de luz se reduce progresivamente a nivel del área basal, causando la presencia de material muerto como consecuencia de una senescencia de la hoja, como una forma de mantener relativamente estable el número de hojas vivas por tallo (Sbrissia y Da Silva, 2008), lo que fue evidente en el tratamiento de 95 y 100% LI en todas las estaciones, con la presencia del material muerto (Figura 2).

No obstante, en la maleza y el material muerto solo fueron afectados por la estación del año ($p < 0.0001$), registrando su mayor presencia en primavera con un promedio de 1 356 y 859 kg MS ha⁻¹, respectivamente lo que, puede ser reflejo de las condiciones ambientales más que del intervalo de cosecha (Rojas *et al.*, 2016).

Relación hoja: tallo (R:H/T)

La R:H/T fue afectada por la estación del año ($p < 0.0001$) y el intervalo de corte ($p < 0.0001$) y por la interacción IC x Estación ($p < 0.0002$). Tanto, las estaciones como el promedio anual muestran que el CF presentó los valores más altos de R:H/T y los menores en los intervalos de cosecha dependientes del porcentaje de luz interceptada (90, 95 y 100%).

Esto puede estar relacionado con una mayor frecuencia de cosecha, ya que, el CF tuvo un IC de 33 días (promedio anual) y el promedio de las parcelas manejadas con 90, 95 y 100% LI fue 60 días (Cuadro 1), lo que causó un incremento en la producción de hoja respecto al tallo (Barbosa *et al.*, 2011) y no permitió cosechar la especie en su momento óptimo, sino en la fase de crecimiento acelerado, donde se encuentra el mayor porcentaje de hojas jóvenes y poca cantidad de tallos (Álvarez *et al.*, 2018b).

De acuerdo con Lemaire y Chapman (1996), un mayor crecimiento de la hoja es una respuesta plástica de la planta ante una frecuencia de defoliación alta, considerada como una estrategia de la planta como escape a la defoliación. Estacionalmente, los valores promedios más altos fueron registrados durante otoño e invierno con 1.9 y 2, respectivamente (Cuadro 4), lo que, puede estar relacionado con una mayor cantidad de luz transmitida a nivel de la parte basal de la planta, en las estaciones donde tiene menores alturas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Altura de planta (cm) de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), genotipo 260012 en función del intervalo de cosecha (90, 95 y 100% LI y CF) y la estación del año.

IC ¹	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	\bar{x}	EEM
90	23 Ab	23 Ab	29 Ba	26 Bab	25 B	1.5
95	24 Ab	19 Bc	32 Aa	32 Aa	27 AB	1.3
100	24 Ab	20 Bc	34 Aa	33 Aa	28 A	1.1
CF	21 Ab	15 Cc	23 Cab	25 Ba	21 C	0.9
\bar{x}	23 b	19 c	29 a	29 a	25	0.7
EEM	1.2	0.9	0.8	1.7	0.5	

Medias con la misma letra mayúscula en la columna y misma letra minúscula en la hilera no difieren significativamente (Tukey; $p > 0.05$). IC= intervalo de cosecha; EEM= error estándar medio; corte fijo (CF)= otoño= 35, invierno= 42 y primavera-verano= 28 días entre corte; ¹= efecto de la interacción IC x estación del año ($p \leq 0.05$).

Este comportamiento refleja un mayor peso de la hoja respecto al tallo, más distante en otoño e invierno en comparación a primavera y verano. Esto puede ser resultado de las fluctuaciones estacionales en la cantidad de luz recibida por las plantas provocando alteraciones en la cantidad de hoja producida (Matthew *et al.*, 1999).

Estos resultados son similares los reportados por Álvarez *et al.* (2018a) en el genotipo 202700, quienes encontraron valores de 2.1 promedio para otoño e invierno respecto a primavera y verano con 1.7, debido a una mayor densidad de tallos, pero de menor peso. Giacomini *et al.* (2009), mencionan que hay una translocación de asimilados de las hojas hacia los tallos mayor en primavera y verano, lo que provoca un mayor peso de tallos, pero menor número de estos.

Altura de planta (AP)

La AP fue afectada por la estación del año ($p < 0.0001$), el intervalo de cosecha ($p < 0.0001$) y la interacción Estación x IC ($p = 0.0002$). De acuerdo con, el promedio anual y estacional, a excepción de otoño donde no hubo diferencias estadísticas ($p > 0.05$), la frecuencia de cosecha del CF manifestó menor altura de planta con 21 cm promedio anual, respecto al resto de los tratamientos con 26.6 cm promedio (Cuadro 5). El comportamiento estacional, mostró que los promedios en primavera y verano fueron mayores las alturas de planta con 29 cm, en comparación con invierno con 19 cm ($p < 0.05$).

Estos resultados concordaron con comportamiento productivo que tuvo la especie en el rendimiento de forraje (Cuadro 2). Esto pudo ser promovido por un menor intervalo de cosecha de 33 d en el CF en comparación con 60 d de las praderas manejadas con la estrategia del porcentaje de luz interceptada (90, 95 y 100%) ya que, a una mayor altura correspondió a un mayor rendimiento de forraje estacional y entre tratamientos, por la alta correlación que existe entre estas dos variables productivas (Halk *et al.*, 2012; Álvarez *et al.*, 2018b).

Además, los valores más altos, encontrados en primavera y verano, pueden ser el resultado de condiciones más favorables para un mayor crecimiento de los tallos (Rojas *et al.*, 2016). No obstante, algunos trabajos en la especie *Lotus corniculatus* L., relacionan la altura de la planta y el rendimiento de forraje con el hábito de crecimiento del genotipo, ya que estos pueden ser desde erectos hasta postrados (Schefer *et al.*, 2011).

Conclusiones

El mejor comportamiento productivo de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), genotipo 260012, se presentó en las estrategias de cosecha bajo el criterio de porcentaje de luz interceptada, respecto a las parcelas cosechadas bajo el intervalo de corte fijo definido por estación. La hoja fue el componente morfológico que más aportó al rendimiento en todas las estaciones e intervalos de cosecha. Estos resultados forman parte de algunos estudios de la especie en México, por lo que, es recomendable seguir el caracterizando la especie en los diferentes nichos ecológicos.

Literatura citada

- Álvarez, V. P.; García, De los S. G.; Guerrero, R. J. D.; Mendoza, P. S. I.; Ortega, C. M. E. y Hernández, G. A. 2018a. Comportamiento productivo de *Lotus corniculatus* L. dependiente de la estrategia de cosecha. *Rev. Agrociencia*. 52(8):1081-1093.
- Álvarez, V. P.; Hernández, G. A.; García, De los S. G.; Guerrero, R. J. D.; Mendoza, P. S. I.; Ortega, C. M. E.; Rojas, G. A. R. y Wilson, G. C. Y. 2018b. Potencial forrajero de *Lotus corniculatus* L. con diferentes estrategias de manejo. *Agroproductividad*. 11(5):24-28.
- Barbosa, R. A.; Nascimento, Jr. D.; Vilela, H. H.; Da-Silva, C. S.; Batista-Euclides, P. V.; Sbrissia, F. A. and Da-Lana, S. B. 2011. Morphogenic and structural characteristics of guinea grass pastures submitted to three frequencies and two defoliation severities. *Rev. Bras. Zootec.* 40(5):947-954.
- Carnevali, R. A.; Da Silva, S. C.; Oliveira, A. A.; Uebele, M. C.; Bueno, F. O.; Hodgson, J.; Silva, G. V. and Moraes, J. P. 2006. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaca pastures under four grazing managements. *Tropical Grasslands*. 40(1):165-176.
- Crestani, S. 2015. Respostas morfogênicas e dinâmica da população de perfilhos e touceiras em *Brachiaria brizantha* cv. Piatã submetida a regimes de sombra em área de integração lavoura-pecuária-floresta. PhD Thesis, University of São Paulo, São Paulo, Brazil. 102 p.
- Da Silva, S. C. y Hernández, G. A. 2010. Manejo del pastoreo en praderas tropicales. In: Velazco, Z. M. E. Los forrajes y su impacto en el trópico. 1ª. (Ed.). Chiapas, México. Universidad Autónoma de Chiapas. 63-95 pp.
- Delgado, R.; Escalante, J.; Díaz, R.; Trinidad, S. A.; Morales, E. y Sosa, E. 2014. Defoliación en maíz y su efecto sobre el rendimiento de frijol-maíz en asociación. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 5(6):1015-1027.
- Duru, M. and Ducrocq, H. 2000. Growth and senescence of the successive grass leaves on a tiller. Ontogenic development and effect of temperature. *Annals Bot.* 85(5):635-643.
- Escaray, F. J.; Menendez, A. B.; Garriz, A.; Pieckenstain, F. L.; Estrella, M. J.; Castagno, L. N.; Carrasco, P.; Sanjuan, J. and Ruiz, O. A. 2012. Ecological and agronomic importance of the plant genus *Lotus*. Its application in grassland sustainability and the amelioration of constrained and contaminated soils. *Plant Sci.* 182(1):121-133.
- Fagundes, J. L.; Da Fonseca, D. M.; Mistura, C.; De Moraes, R. V.; Teixeira, V. C. M.; Gomide, J. A.; Do Nascimento Jr., D.; Casagrande, D. R. e Da Costa, L. T. 2006. Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. *Rev. Bras. Zootec.* 35(1):21-29.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª. (Ed.). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, DF. 217 p.
- Gautier, H.; Varlet-Grancher, C. and Hazard, L. 1999. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. *Annals Bot.* 83(4):423-429.
- Geiger, R.; Aron, R. H. and Todhunter, P. 2003. The climate near the ground. 6ª (Ed.). Maryland, USA: Rowman y Littlefield Publishers, Inc. 221 p.
- Giacomini, A. A.; Da Silva, S. C.; De L. Sarmiento, D. O.; Zeferino, C. V.; Souza Jr., S. J.; Da Trindade, J. K.; Del A. Guarda V. and D. Nascimento Jr. 2009. Growth of marandu palisadegrass subjected to strategies of intermittent stocking. *Scientia Agricola (Piracicaba, Brazil)*. 66(6):733-741.

- Gobbi, K. F.; Garcia, R.; Garcez, N. A. F.; Pereira, O. G.; Ventrella, M. C. and Rocha, G. C. 2009. Morphological and structural characteristics and productivity of *Brachiaria* grass and forage peanut submitted to shading. *Rev. Bras. Zootec.* 38(9):1645-1654.
- Grant, F. W. 2009. *Lotus corniculatus*. SciTopics. Canada. <http://www.scitopics.com/Lotus-corniculatus.html>.
- Hakl, J.; Hrevus`ova` Z.; Hejcman, M. and Fuksa, P. 2012. The use of a rising plate meter to evaluate lucerne (*Medicago sativa* L.) height as an important agronomic trait enabling yield estimation. *Grass Forage Sci.* 67(4):589-596.
- Hammer, G. L.; Kropff, M. J.; Sinclair, T. R. and Porter, J. R. 2002. Future contributions of crop modelling from heuristics and supporting decision making to understanding genetic regulation and aiding crop improvement. *Eur. J. Agron.* 18(1-2):15-31.
- Kimmins, J. P. 1987. *Forest ecology. A foundation for sustainable management.* 2^a (Ed.). New Jersey, USA. Prentice Hall. 596 p.
- Lemaire, G. and Chapman, D. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. *In: Hodgson, J. and Illius, A. W. (Eds.). The ecology and management of grazing systems.* Wallingford. Cab International. 3-36 pp.
- MacAdam, J. W.; Bruner, J.; Islam, A. and Shewmaker, 2013. The benefits of tannin-containing forages. *Plants, Soils and Climate, Utah State University AG/Forages.* 3-4 pp.
- Marcelino, K. R. A.; Do Nascimento Jr., D.; Da Silva, S. C.; Euclides, V. P. B. e Da Fonseca, D. M. 2006. Características morfogênicas e estruturais e produção de forragem do capim-marandu submetido a intensidades e frequências de desfolhação. *Rev. Bras. Zootec.* 35(6):2243-2252.
- Martuscello, J. A.; Da Fonseca, D. M.; Do Nascimento Jr., D.; Santos, P. M.; Ribeiro Jr., J. I.; Daniel de Da Cunha, N. F. V. e De Melo-Moreira, L. 2005. Características morfogênicas e estruturais do capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolha. *Rev. Bras. Zootec.* 34(5):1475-1482.
- Matthew, C.; Lemaire, G.; Sackville-Hamilton, N. R. and Hernández, G. A. 1995. A modified self-thinning equation to describe to size/ density relationships for defoliated swards. *Annals Bot.* 76(6):579-587.
- Matthew, P. N. P.; Harrington, K. C. and Hampton, J. G. 1999. Management of grazing systems. *In: White, J. Hodgson, J. (Eds.) In: New Zealand pasture and crop science.* Auckland. Oxford University Press. 153-174 p.
- Mazzanti, A.; Lemaire, G. and Gastal, F. 1994. The effect of nitrogen fertilization on the herbage production of tall fescue swards grazed continuously with sheep. 1 -herbage growth dynamics. *Grass Forage Sci.* 49(2):111-120.
- Mitev, D. and Naydenova, G. 2008. Sustainable development of mixed grassland of red fescue and Kentucky bluegrass on the slopes of the Central Balkan Mountains. *Ecology-sustainable development. Vratsa.* 96-100 pp.
- Naydenova, G.; Vasileva, V. and Mitev, D. 2015. Productivity of Bulgarian pasture ecotypes perennial legumes. *J. Mountain Agric. Balkans.* 18(6):972-982.
- Paciullo, D. S. C.; Campos, N. R.; Gomide, C. A. M.; Castro, C. R. T.; Tavela, R. C. e Rossiello, R. O. P. 2008. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. *Pesquisa Agropecuária Brasileira.* 43(7):917-923.
- Rojas, G. A. R.; Hernández, G. A.; Santiago, J. C.; Maldonado P. M. A.; Mendoza P. S. I.; Álvarez V. P. and Joaquin, T. B. M. 2016. Comportamiento productivo de cinco variedades de alfalfa. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 7(8):1855-1866.

- SAS. 2009. SAS/STAT® 9.2. Use's Guide Release. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA.
- Sbrissia, A. F. e Da Silva, S. C. 2008. Compensação tamanho:densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu. *Rev. Bras. Zootec.* 37(1):35-47.
- Scheffer, B. M. S.; Brustolin, R. and Dall, M. A. 2011. Performance of *Lotus corniculatus* L. genotypes submitted to cutting interval: subsidies to a breeding program. *Rev. Bras. Zootec.* 40(8):1645-1650.
- Sousa, B. M. de L.; Do Nascimento Jr. D.; Da Silva, S. C.; Monteiro, H. C. D. F.; Rodrigues, C. S.; Da Fonseca, D. M.; Da Silveira, M. C. T. and Sbrissia, A. F. 2010. Morphogenetic and structural characteristics of *Andropogon* grass submitted to different cutting heights. *Rev. Bras. Zootec.* 39(10):2141-2147.
- Van Esbroeck, G. A.; King, J. R. and Baron, V. S. 1989. Effects of temperature and photoperiod on the extension growth of six temperate grasses. *In: International Grassland Congress, Nice. Proceedings Nice, França.* 459-460 pp.
- Vasileva, V. 2014. Productivity of dry aboveground and root mass in mixtures. *J. Mountain Agric. Balkans* 17(4):956-969.