



FECHA DE CORTE SOBRE LA PRODUCTIVIDAD, TASA DE CRECIMIENTO Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LEGUMINOSAS ASOCIADAS CON GRAMÍNEAS †

[THE DATE OF CUT ON THE PRODUCTION, GROWTH RATE AND BOTANICAL COMPOSITION OF GRASS-LEGUME ASSOCIATIONS]

G. Tilus¹, M. Joseph¹, A. J. Chay-Canul², J. Santillano-Cázares^{1*}, C. E. Ail¹ and F. Casanova-Lugo³

¹Instituto de Ciencias Agrícolas-Universidad Autónoma de Baja California. Carretera a Delta S/N CP. 21705. Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California, México Email. jsantillano@uabc.edu.mx

²División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carr. Villahermosa-Teapa, Km 25, CP 86280. Villahermosa, Tabasco, México.

³Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de la Zona Maya. Carretera Chetumal-Escarcega Km. 21.5 CP. 77965. Ejido Juan Sarabia, Quintana Roo, México.

*Corresponding author

SUMMARY

Background. The association of legumes with grasses improves the quality of the diet as well as the protein value, increases productivity, allows savings in nitrogen fertilizer and maintains the proportion of the botanical components of the meadow. The cutting date affects the productive behavior of the forages species in temperate, arid and semi-arid climate zones. Therefore, it is important to continue evaluating established grassland with legumes associated with grasses to generate information that will serve producers and increase the economic profitability of livestock activities. **Objective.** The objective of the present study was to evaluate the cutting date on dry matter production (PMD), growth rate (RG), botanical composition (BC), as well as relationships between RG and PMD and BC and PMD. **Hypothesis.** It is evident that the cutting date modifies the PMD, RG, as well as the relationship between RG and BC with PMD, but has no influence on BC. **Methodology.** Meadows irrigated with *Trifolium alexandrinum* L. associated *Lolium multiflorum* Lam. of a proportion of 40:60 sowing seeds, respectively subject to eight cutting dates (treatments): T₁: 90 to 97 days elapsed between the sowing date and the first cut (DTS-PC), T₂: 97 to 104 DTS-PC, T₃: 104 to 111 DTS-PC, T₄: 111 to 118 DTS-PC, T₅: 118 to 125 DTS-PC, T₆: 125 to 132 DTS-PC, T₇: 132 to 139 DTS-PC and T₈: 139 to 146 DTS-PC, under a randomized complete blocks design with four replicates. The trend of the factor under study (cutoff date) on the response variables was determined using orthogonal polynomials. **Results.** The DTS-PC caused a linear positive effect ($P < 0.001$) of the evaluated species on the PMD and RG, observing that increasing the DTS-PC increased the PMD. ($P = 0.0001$). In contrast, no significant differences ($P > 0.05$) were observed in the BC. Regardless of the DTS-PC, the legume as *T. alexandrinum* contributed 64 % of the biomass, these percentages were determined dividing the PMD of *T. alexandrinum* by the PMD of *L. multiflorum* added with that of dead material and weeds. There was an effect of the DTS-PC on the relationship of RG:PMD (linear effect, $P < 0.01$), while for the ratio relationships BC:PMD only a linear decrease was presented ($P < 0.01$) at increasing the DTS-PC. **Implications.** The results of the present study contribute to knowing the productive parameters of a grass established with legume-grass in temperate, arid and semi-arid climate zones to improve the production of meat and milk. **Conclusions.** The elevation of the cutting date increased the PMD, but has an inverse effect for the relationships BC:PMD, as well as RG:PMD of each species. The highest RG was found at 97-104 DTS-PC for the evaluated species and dead material.

Keywords: Dry matter production; *Lolium multiflorum* Lam.; *Trifolium alexandrinum* L.

RESUMEN

Antecedentes. La asociación de leguminosas con gramíneas mejora la calidad de la dieta de los animales, incrementa la productividad, permite un ahorro en fertilizante nitrogenado y mantiene la proporción de los Efectos botánicos de la pradera. La fecha de corte afecta el comportamiento productivo de las especies forrajeras en zonas de clima templado, árido y semiárido. Por lo anterior, es importante seguir evaluando pradera establecida con leguminosa asociada con gramíneas para generar información que le sirva a los productores e incremente la rentabilidad económica

† Submitted January 30, 2020 – Accepted July 20, 2020. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License. ISSN: 1870-0462.

las actividades pecuarias. **Objetivo.** El presente estudio tuvo por objetivo evaluar la fecha de corte sobre la producción de materia seca (PMS), tasa de crecimiento (TC), composición botánica (CB), así como relaciones entre la TC y PMS y CB y PMS. **Hipótesis.** ES evidente que La fecha de corte se modifica la PMS, TC, así como relaciones entre la TC y CB con PMS, pero no tiene influencia sobre la CB. **Metodología.** Se utilizaron praderas irrigadas con *Trifolium alexandrinum* L. asociada *Lolium multiflorum* Lam. de una proporción de siembra 40:60, respetivamente sometidas a ocho fecha de corte (tratamientos): T1= 90 a 97 días transcurridos entre la fecha de siembra y el primer corte (DTS-PC), T2: 97 a 104 DTS-PC, T3: 104 a 111 DTS-PC, T4: 111 a 118 DTS-PC, T5: 118 a 125 DTS-PC, T6: 125 a 132 DTS-PC, T7: 132 a 139 DTS-PC y T8: 139 a 146 DTS-PC, bajo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones). La tendencia del factor en estudio (fecha de corte) sobre las variables de respuestas fue determinado mediante los polinomios ortogonales. **Resultados.** Los DTS-PC provocaron un efecto positivo ($P < 0.001$) de las especies evaluadas sobre la PTMS y PTB, observándose que al incrementar los DTS-PC se elevó en forma lineal la PMS. ($P = 0.0001$). En cambio, no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en la CB. Independientemente de los DTS-PC la leguminosa como el *T. alexandrinum* contribuyó 64 % de la biomasa, estos porcentajes se determinaron dividiendo la PMS de TB entre la PMS de BA sumado con la de material muerto y malezas. Existió un efecto de los DTS-PC sobre la relación de TC:PMS ($P < 0.01$), mientras para la relación de CB:PMS solo se presentó una disminución lineal ($P < 0.01$) al incrementar los DTS-PC. **Implicaciones.** Los resultados del presente estudio contribuyen a conocer los parámetros productivos de una pradera establecida con leguminosa-gramínea en zonas de climas templados, áridos y semiáridos para mejorar la producción de carne y leche. **Conclusiones.** La elevación de la fecha de corte incrementó la PMS, pero tiene un efecto inverso para las relaciones CB: PMS, así como TC: PMS de cada especie. La mayor TC se encontró a los 97-104 DTS-PC para las especies evaluadas y material muerto. **Palabras clave:** Producción de materia seca; *Lolium multiflorum* Lam.; *Trifolium alexandrinum* L.

INTRODUCCIÓN

Las gramíneas y leguminosas de clima templado son importantes en sistemas de producción agropecuarios sostenibles ya que son la base de la alimentación de los rumiantes en pastoreo durante el periodo invierno-primavera (Rojas-García et al., 2016). El trébol berseem (*Trifolium alexandrinum* L.) asociado con ballico anual (*Lolium multiflorum* Lam) mejora el rendimiento de la producción de materia seca de la pradera (Gylfadóttir et al., 2007; Pirhofer et al., 2012). La asociación de *T. alexandrinum* y *L. multiflorum* puede ser una buena alternativa para complementar el déficit de forraje en los periodos críticos, principalmente en el periodo de invierno (Rojas et al., 2016b), ya que la asociación con estas especies puede llegar a producir hasta 18 ton de MS ha⁻¹ año⁻¹ (Donaghy y Fulkerson, 2002), con lo cual se incrementa la productividad de la pradera (Marquard et al., 2009; Mommer et al., 2010; Rojas et al., 2016a). Además, el uso de asociaciones de gramíneas y leguminosas permite una mejor composición botánica (Rojas-García et al., 2005, 2011) y mejora la calidad de la dieta para el ganado como el valor proteico y la digestibilidad (Pittroff y Kothmann, 1999; Duarte et al., 2009), disminuir costos de producción en comparación con la utilización de dietas balanceadas (Camacho y García, 2003), mejoran la fertilidad del suelo (Gonzales et al., 2004). Los días transcurridos entre la fecha de siembra y el primer corte es uno de los factores que puede incrementar o disminuir la producción de forraje por corte (Ganderats y Hepp, 2003; Velázquez et al., 2008), dependiendo de las especies y puede tener un efecto positivo sobre la tasa de crecimiento (Matthew et al., 2001; Lemaire, 2001), dependiente del

desarrollo de la pradera y de las condiciones ambientales (Hernández-Garay et al., 1997; Ramírez et al., 2009; Saldanha et al., 2012). Se han realizado estudios para evaluar la producción de materia seca, tasa de crecimiento y composición botánica cuando se asocian diferentes especies, donde se han obtenido resultados positivos en la producción de materia seca y tasa de crecimiento (Saldanha et al., 2012), sin embargo; no se han estudiado las relaciones entre la tasa de crecimiento y la producción de materia, así como la relación entre la composición botánica y la producción de materia de las especies asociadas como *T. alexandrinum* y *L. multiflorum* han sido poco estudiadas en el valle de Mexicali. Por lo anteriormente planteado, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de los días transcurridos entre la fecha de siembra y el primer corte sobre la producción de materia seca, la tasa de crecimiento, composición botánica y la relación entre la composición botánica y la producción de materia seca, así como la relación entre la tasa de crecimiento y producción de materia seca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El estudio se llevó a cabo en una pradera mixta de trébol berseem (*T. alexandrinum*) y ballico anual (*L. multiflorum*) con una proporción de siembra 0.67 (40:60 % mezcla de semillas), respectivamente. La pradera se localizó en el Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California, a 50 km al sur de Mexicali en el Ejido Nuevo León, Baja California, México (32°24'LN y 115°23'LO) con una altitud de 12 msnm. INEGI (2010) indica que el clima es de tipo desértico, con una

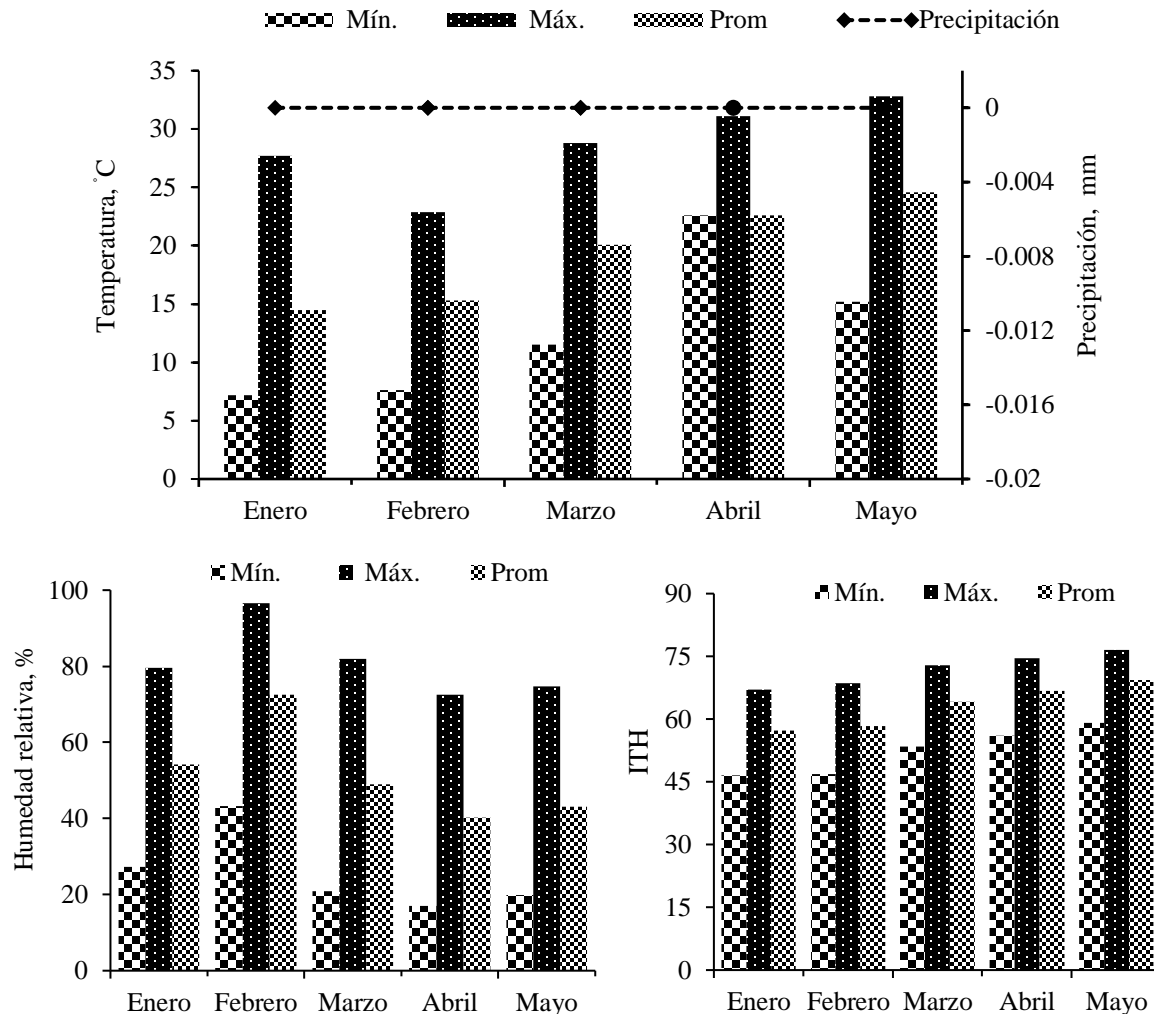


Figura 1. Promedio mensual de temperatura, humedad relativa e índice de temperatura-humedad en el área experimental durante el periodo de estudio. Mín.: Mínima, Máx.: Máxima, Prom.: Promedio, ITH: Índice de Temperatura-Humedad.

temperatura mínima promedio de $-1.66\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ de temperatura media siendo julio el mes más cálido con una temperatura mínima y promedio de 20 y $33\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente con $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ del promedio de temperatura anual.

Datos climáticos

Se registraron los promedios mensuales de temperatura y humedad (máxima, media y mínima) durante el periodo de estudio (Figura, 1), la información se obtuvo de una estación climatológica situada a 2 m del sitio experimental, con esos datos se calculó el índice de temperatura-humedad (ITH) mediante la siguiente fórmula propuesta por Hahn (1999): $\text{ITH} = 0.81 \text{ TA} + \text{HR}/100 (\text{TA} - 14.4) + 46.4$, donde TA= temperatura ambiental ($^{\circ}\text{C}$) y HR= Humedad relativa (%).

Desarrollo experimental

La asociación de trébol berseem y ballico anual fue establecida en una parcela experimental de 166 m de largo por 16 m de ancho. La siembra se realizó en octubre de 2017 en hileras separadas a 30 cm . La densidad de siembra combinada de las dos especies fue de 20 kg ha^{-1} (8 y 12 kg de semillas para TB y BA, respectivamente), representando a un porcentaje de asociación de leguminosa (TB) y gramínea (BA) de $40:60$, respectivamente, de acuerdo con metodología sugerida por White y Hodgson (1999). Se aplicaron 100 kg ha^{-1} de urea (N, 46%) y se aplicaron cuatro riegos hasta alcanzar la capacidad de campo con una lámina de 10 cm . Esta distribución de riego fue por la gravedad; uno de germinación y el otro 20 días antes del empezar el experimento. El experimento consistió en evaluar ocho fechas de corte (DTS-PC) con un

intervalo de 7 días entre ellas; T1= 90 a 97 días transcurridos entre la fecha de siembra y el primer corte (DTS-PC), T2: 97 a 104 DTS-PC, T3: 104 a 111 DTS-PC, T4: 111 a 118 DTS-PC, T5: 118 a 125 DTS-PC, T6: 125 a 132 DTS-PC, T7: 132 a 139 DTS-PC y T8: 139 a 146 DTS-PC. Los tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en 2 lotes identificadas con tiras de nylon y estacas de madera, cuyas medidas fueron 4 m de largo y 4 m de ancho cada uno totalizando un área de 16 m², la cual se dividió en 32 unidades experimentales de 0.25 m² en cada lote distribuidos en un diseño experimental de bloques al azar con ocho tratamientos (fecha de corte) y cuatro repeticiones considerando días transcurridos entre la fecha de siembra y el primer corte (efecto fijo) las 32 unidades experimentales (efecto aleatorio), dimensiones mayores a los que mencionado por Castro-Hernández *et al.* 2017 quienes tomaron medidas de un lote con 3.5 m de largo y 1.5 m de ancho. En cada intervalo de días transcurridos entre la fecha de siembra en el primer corte con intervalos de tiempo 7 días de crecimiento. En cada lote se seleccionaron al azar cuatro unidades experimentales para realizar el corte de forraje a una altura de 1 cm sobre el nivel del suelo de cada lote para conocer el estado de comportamiento productivo de la pradera a los 97 hasta 146 días transcurridos entre la fecha de siembra en el primer corte, bajo el método de muestreo destructivo de acuerdo con metodología sugerida por Rojas-García *et al.* (2016). El forraje cosechado en cada repetición para cada tratamiento, se depositó en bolsas de papel, se trasladó al laboratorio y posteriormente se tomó una submuestra de 10% del total de la muestra recolectada, de la cual se separaron las especies de plantas presentes en la submuestra; trébol berseem (TB), ballico anual (BA), material muerto y malezas (MM). Cada componente separado se secó en una estufa de aire forzado, a una temperatura de 55 °C por 72 h y se determinó la materia seca parcial (MSP). La producción de materia seca (PMS) se determinó mediante las fórmulas propuestas por Hodgson (1990); $PMS = ((MSP \times 10) / 10000) / 1000$, $PTMS = PMS_{TB} + PMS_{BA} + PMS_{MM}$; MSP: materia seca parcial en %, PMS: producción de MS en kg MS ha⁻¹, PTMS: producción de MS de las especies evaluadas y MM en kg MS ha⁻¹, PMS_{TB} : Producción de MS del trébol berseem en kg MS ha⁻¹; PMS_{BA} : Producción de MS del ballico anual en kg MS ha⁻¹).

Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento promedio de la asociación, se calculó con la producción obtenido en cada fecha de corte para cada una de las especies, con la fórmula descrita por Rojas-García *et al.* (2016). $TC = R / T$; dónde: TC= Tasa de crecimiento en cada intervalo de los DTS-PC en kg de MS ha⁻¹ día⁻¹, R= Producción de MS en cada intervalo de días transcurridos entre la

fecha de siembra y el primer corte (DTS-PC) en kg MS ha⁻¹, T = Días transcurridos en cada intervalo de los DTS-PC.

La composición botánica (CB)

En cada muestreo de cada intervalo, las muestras cosechadas para medir la producción de materia seca se tomó 10 % y se separaron las especies evaluadas, material muerto y maleza. Cada componente separado se secó en una estufa de aire forzado, a una temperatura de 55 °C por 72 h y se determinó la materia seca parcial (MSP). La composición botánica (CB) se determinó mediante la fórmula siguiente: $CB_{TB} = PMS_{TB} / PTMS$, $CB_{BA} = PMS_{BA} / PTMS$, $CB_{MM} = PMS_{MM} / PTMS$, dónde: PTMS: Producción de MS de las especies evaluadas y material muerto y malezas en kg MS ha⁻¹, PMS_{TB} : Producción de MS del trébol berseem en kg MS ha⁻¹, PMS_{BA} : Producción de MS del ballico anual en kg MS ha⁻¹); CB_{BA} : Porcentaje de ballico anual en el rendimiento de la pradera, CB_{TB} : Porcentaje de trébol berseem en el rendimiento de la pradera CB_{MM} : Porcentaje de material muerto y malezas en el rendimiento de la pradera.

La relación entre la tasa de crecimiento y producción de MS (TC:PMS)

La relación entre TC y PMS, se determinó utilizando la tasa de crecimiento y la producción de MS de las especies evaluadas y MM mediante las fórmulas siguientes: $TC:PMS_{TB} = TC_{TB} / PMS_{TB}$, $TC:PMS_{BA} = TC_{BA} / PMS_{BA}$, dónde: PMS_{TB} : Producción de MS de trébol berseem en kg MS ha⁻¹, PMS_{BA} : Producción de MS de Ballico anual en kg MS ha⁻¹, PMS_{MM} : Producción de MS de material muerto y malezas en kg MS ha⁻¹, TC_{TB} = Tasa de crecimiento de trébol berseem en cada intervalo de los DTS-PC en kg de MS ha⁻¹ día⁻¹, TC_{BA} = Tasa de crecimiento de ballico anual en cada intervalo de los DTS-PC en kg de MS ha⁻¹ día⁻¹, TC_{MM} = Tasa de crecimiento de material muerto y malezas en cada intervalo de los DTS-PC en kg de MS ha⁻¹ día⁻¹.

La relación entre la composición botánica y producción de MS (CB:PMS)

La relación entre CB y PMS, se determinó utilizando la proporción las especies evaluadas y material muerto y malezas y sus producciones de MS mediante las fórmulas siguientes: $CB:PMS_{TB} = CB_{TB} / PMS_{TB}$, $CB:PMS_{BA} = CB_{BA} / PMS_{BA}$, dónde: PMS_{TB} : Producción de MS de trébol berseem en kg MS ha⁻¹, PMS_{BA} : Producción de MS de Ballico anual en kg MS ha⁻¹, PMS_{MM} : Producción de MS de material muerto y malezas en kg MS ha⁻¹, CB_{TB} = Porcentaje de trébol berseem en cada intervalo de los DTS-PC en %, CB_{BA} = Porcentaje de ballico anual en cada intervalo

de los DTS-PC, CB_{MM} = Porcentaje de material muerto y malezas en cada intervalo de los DTS-PC.

Análisis estadístico

Para comparar el efecto de la fecha de corte sobre cada variable, se realizó un análisis de varianza conforme a un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, mediante procedimiento GLM del paquete estadístico SAS versión 9.2 (SAS Institute Inc., 2009). La tendencia del factor en estudio (fecha de corte) sobre las variables de respuestas fue determinado mediante los polinomios ortogonales. Cuando existieron diferencias significativas, se realizó una comparación de medias con la prueba de Tukey (Steel, 1980). La predicción de la producción de MS, tasa de crecimiento y composición botánica de cada especie y material muerto por fecha de corte se determinaron mediante un análisis de regresión lineal simple mediante el procedimiento PROC REG del paquete estadístico SAS versión 9.1 (SAS, 2009). Mediante un análisis de varianza se determinó el efecto de la fecha de corte sobre las variables dependientes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de materia seca

La influencia de los días transcurridos entre la fecha de siembra y el primer corte (DTS-PC) sobre la producción de materia seca de las especies evaluadas y material muerto se presenta en la Tabla 1. Asimismo, la suma de la producción de materia seca de las especies evaluadas y material muerto y malezas (PTMS) para cada una de las fechas de corte se presenta en la Tabla 1. Los DTS-PC tuvieron efecto ($P < 0.01$) sobre PTMS (Tabla, 1), la cual se incrementó de 1903 kg MS ha⁻¹ a los 90 a 97 DTS-PC hasta 8550 kg MS ha⁻¹ a los 139 a 146 DTS-PC. Estos resultados tuvieron un comportamiento similar a lo obtenido por Sosa-Rubio et al. (2008) quienes encontraron que al incrementar la DTS-PC de 21 a 84 DTS-PC, se incrementó PTMS (De 1000 hasta 4400 kg MS ha⁻¹, respectivamente) en una pradera con una asociación de gramíneas con leguminosas. Los DTS-PC provocaron un efecto positivo de las especies evaluadas sobre la PMS ($P < 0.01$), observándose que al incrementar los DTS-PC la PMS de las especies se incrementó de manera lineal ($P = 0.0001$). La aportación de cada especie en la producción de materia seca mostró diferencias entre estas ($P < 0.05$). Se observó que la leguminosa TB mostró mayores rendimientos en todos los tratamientos comparación con BA. Por otro lado, la DTS-PC no provocó ($P > 0.05$) ningún cambio sobre la producción de material muerto y malezas. Se observó que TB presentó mayor producción de materia seca

($P = 0.0006$), para el T5 (118 a 125 DTS-PC) con 3080 kg MS ha⁻¹, mientras que BA presentó 1457 kg MS ha⁻¹ (Tabla, 1). Estos resultados concuerdan con los encontrados por Castro et al. (2012), quienes reportaron que la leguminosa *Trifolium repens* provocó un incremento sobre la producción de MS de la pradera asociada con dos gramíneas *Dactylis glomerata* y *Lolium perenne* a los 28 DTS-PC. Por su parte, O' Donovan y Delabay (2005) realizaron un estudio evaluando el efecto de la fecha de corte sobre la PMS, encontraron que al incrementar los días de crecimiento iban de 7 a 42 días elevó la PMS de BA (2437 y 2487 kg de MS ha⁻¹ corte⁻¹, respectivamente). En el presente estudio se observó un incremento de 64 % de la PMS de BA, al aumentar los DTS-PC de 90 a 146 DTS-PC, pero disminuyó ($P < 0.01$) en los tratamientos T6 (125-132 DTS-PC) y T8 (139-146 DTS-PC), lo cual se atribuye a la competencia por luz solar, agua, nutrientes y espacio entre especies y las hojas erectas de TB sombrean a las de BA, lo que reduce la tasa de aparición y elongación foliar de las gramíneas asociadas con leguminosas (Harris, 2001; Louarn et al., 2010; Durand et al., 1999). Otros autores como Turner et al. (2006) y Wilson (1980) indican que la escasa contribución del BA a la producción de MS pudo deberse a que cuando esta especie tuvo menor persistencia en condiciones climáticas, cambios morfológicos y queda con un mínimo de hojas remanentes.

La ecuación de regresión entre la fecha de corte y PTMS (Tabla, 2) presentó un $r^2 = 0.88$ (DER= 29.9 kg de MS ha⁻¹). Con respecto a la asociación, se observó que la ecuación de regresión para la PTB ($r^2 = 0.77$, DER= 30.2 kg de MS ha⁻¹) presentó mayor precisión que la fijada para PBA ($r^2 = 0.64$, DER= 22.9 kg de MS ha⁻¹). Además para la predicción de PMM la ecuación presentó una baja precisión ($r^2 = 0.15$, DER= 14.6 kg de MS ha⁻¹). Las pendientes de las ecuaciones indicaron que la producción de materia seca fue de 149, 41.9, 201 y 5.4 kg de MS ha⁻¹, para PTMS, PBA, PTB y PMM respectivamente. En cuanto a la precisión de la predicción de la MS de la leguminosa (PTB) fue mayor a lo obtenido ($r^2 = 0.74$) por otros investigadores determinando la relación entre la producción de materia seca y diferentes frecuencias de defoliación de una pradera de dos años de establecimiento con leguminosa (Valencia et al., 2019; Castro Rivera et al. 2011), De otro lado, los valores de r^2 encontrados en este trabajo, son similares a los reportados (0.74) por Bransby et al. (1977) y Vartha y Matches (1977) en estudios con fescue (*Festuca arundinacea* Schreb) y menor a los reportados por Santillan et al. (1979) estudios realizados con ballico anual y tres especies de pastos tropicales. Amaro et al. (2004) para la predicción de la producción total de MS del pasto mulato (*Brachiria híbrido*, cv.).

Tabla 1. Efecto de la fecha de corte sobre el rendimiento de la pradera establecida con leguminosas asociadas con gramíneas en valle de Mexicali.

Variables	Tratamientos: DTS-PC								Efectos	
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	L	C
PTMS	1903 ^d	2345 ^d	3038 ^d	3575 ^d	5213 ^c	6548 ^b	8155 ^a	8550 ^a	**	ns
PBA	583 ^b	800 ^b	858 ^b	1100 ^b	1700 ^{ab}	1630 ^{ab}	2533 ^a	2450 ^a	ns	ns
PTB	1173 ^c	1368 ^c	1800 ^c	2088 ^c	2975 ^{bc}	4505 ^{ab}	5073 ^{ab}	5800 ^a	**	ns
PMM	148	178	380	388	537	413	550	300	ns	ns

^{abc}Medias con distinta literal entre cada especie son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$). **= altamente significativa ($P < 0.01$), *= significativa ($P < 0.05$), ns= no significativo ($P > 0.05$), **Variables:** PTMS= producción total de materia seca (kg de MS ha⁻¹), PBA= producción de materia seca del ballico anual (kg de MS ha⁻¹), PTB= producción de materia seca de trébol berseem (kg de MS ha⁻¹), PMM= producción de materia seca de material muerto y malezas (kg de MS ha⁻¹). **Tratamientos:** T₁= 90 a 97 días transcurridos entre la fecha de siembra y el primer corte (DTS-PC), T₂= 97 a 104 DTS-PC, T₃= 104 a 111 DTS-PC, T₄= 111 a 118 DTS-PC, T₅= 118 a 125 DTS-PC, T₆= 125 a 132 DTS-PC, T₇= 132 a 139 DTS-PC y T₈= 139 a 146 DTS-PC. **Efectos:** L= lineal y C= cuadrático.

Tabla 2. Ecuaciones de regresión que describe la relación entre la producción de materia seca (y) días transcurridos entre la fecha de siembra (x) de una pradera establecida con leguminosa asociada con gramínea.

# Ecuaciones de regresión	CME	DER	r ²	P
1 PTMS (kg de MS ha ⁻¹) = -13216 (± 1210 ^{***}) + 149 (± 9.87 ^{***}) x DTS	896	29.9	0.88	<.0001
2 PBA (kg de MS ha ⁻¹) = -3637 (± 708 ^{***}) + 41.9 (± 5.77 ^{***}) x DTS	523	22.9	0.64	<.0001
3 PTB (kg de MS ha ⁻¹) = -9284 (± 1031 ^{***}) + 201 (± 10.1 ^{***}) x DTS	911	30.2	0.77	<.0001
4 PMM (kg de MS ha ⁻¹) = -295 (± 288 ^{ns}) + 5.40 (± 2.35 [*]) x DTS	213	14.6	0.15	0.0285

^{***}= altamente significativa ($P < 0.001$), ^{*}= significativa ($P < 0.05$), ns= no significativo ($P > 0.05$), CME= cuadrado medio del error, DER= Desviación estándar residual (kg de MS ha⁻¹), r²= coeficiente de determinación. Valores entre paréntesis son errores estándares de los parámetros estimados. Variables: PTMS= producción total de materia seca, PBA= producción de materia seca del ballico anual, PTB= producción de materia seca de trébol berseem, PMM= producción de materia seca de material muerto y malezas. DTS= días transcurridos entre la fecha de siembra.

Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento acumulada total fue afectada ($P < 0.01$) por la fecha de corte (Tabla 3), y presentó un aumento de forma cuadrática ($P = 0.0224$). Los DTS-PC afectó ($P < 0.01$) la producción diaria de materia seca de las especies evaluadas (Tabla, 3) en la pradera, observándose que la mayor TC se registró en el tratamiento T₁ (97 a 104 DTS-PC) con 272 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ y T₄ (111 a 118 DTS-PC) presentó menor TC con 128 kg MS ha⁻¹ día⁻¹. La mayor TC observada en el T₁ comparado con los demás tratamientos, se puede atribuir a las temperaturas máximas que prevalecieron durante este periodo (Figura, 1), temperaturas cercanas a las óptimas que requieren ambas especies. Según Brock y Tilbrook (2000) para tener la mayor TC se requieren temperaturas de 18 a 21 °C para la especie *L. multiflorum*, mientras que para la especie de leguminosas como el *Trifolium repens* L. de 22 a 24 °C. En contraste, para los T₄, T₅, T₆, T₇ y T₈ se presentaron temperaturas superiores durante estas fechas de corte, lo cual pudo haber provocado menor tasa de crecimiento como se observa en la Tabla 3. En la Figura 1 se observa que la temperatura máxima fue entre 28 y 33 °C, mientras

que la temperatura mínima fue entre 7 y 15 °C durante el periodo del experimento. La mayor temperatura y el índice de temperatura-humedad durante el periodo del estudio se presentaron en mayo, con un promedio de 25 °C y 69 unidades, respectivamente. La temperatura más baja se presentó en los meses de enero (3 °C) y marzo (6 °C). La humedad relativa más alta se presentó en febrero con un promedio de 73 %. Durante la duración del experimento (enero-mayo del 2018) no se registró ninguna precipitación (0 mm). Un comportamiento similar fue observado por Reborá *et al.* (2015), quienes reportan que las temperaturas superiores de 22 a 33 °C ocasionan disminución en la tasa de crecimiento, debido a que provocan una menor tasa de aparición y expansión foliar (Horrocks y Vallentine, 1999). La TC para TB (133 kg MS ha⁻¹ día⁻¹) en asociación con BA presentó ($P < 0.05$), la mayor de producción de materia seca por día comparado con BA y MM (66 y 16 kg de MS ha⁻¹ día⁻¹, respectivamente) como se aprecia en la Tabla 3). En general, la mayor TC se observó en el T₁ (97-104 DTS-PC) con 83 y 168 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ para el BA y TB respectivamente ($P < 0.05$). Estos resultados muestran una buena adaptación del TB asociado con BA en este estudio en el valle de Mexicali, debido a

Tabla 3. Efecto de la fecha de corte sobre la tasa de crecimiento de la pradera establecida con leguminosas asociadas con gramíneas en valle de Mexicali.

Variables	Tratamientos: DTS-PC								Efectos	
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	L	C
TCT	272 ^a	166 ^b	145 ^b	128 ^b	149 ^b	156 ^b	167 ^b	153 ^b	**	*
TBA	83.2 ^a	57.1 ^{ab}	40.8 ^{ab}	39.3 ^{ab}	48.6 ^{ab}	38.8 ^b	51.7 ^b	43.8 ^b	*	Ns
TTB	168 ^a	97.7 ^b	85.7 ^b	74.6 ^b	85.0 ^b	107 ^{ab}	104 ^{ab}	104 ^{ab}	**	Ns
TMM	21.1	12.7	18.1	13.8	15.4	9.82	11.2	5.36	ns	Ns

^{ab}Medias con distinta literal entre cada especie son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$). **= altamente significativa ($P < 0.01$), *= significativa ($P < 0.05$), ns= no significativo ($P > 0.05$). **Variables:** TCT= tasa de crecimiento total (kg de MS ha⁻¹ día⁻¹), TBA= tasa de crecimiento de ballico anual (kg de MS ha⁻¹ día⁻¹), TTB= tasa de crecimiento de trébol berseem (kg de MS ha⁻¹ día⁻¹), TMM= tasa de crecimiento de material muerto y malezas (Kg de MS ha⁻¹ día⁻¹). **Tratamientos:** T₁= 90 a 97 días transcurridos entre la fecha de siembra y el primer corte (DTS-PC), T₂= 97 a 104 DTS-PC, T₃= 104 a 111 DTS-PC, T₄= 111 a 118 DTS-PC, T₅= 118 a 125 DTS-PC, T₆= 125 a 132 DTS-PC, T₇= 132 a 139 DTS-PC y T₈= 139 a 146 DTS-PC. **Efectos:** L= lineal y C= cuadrático.

su rápido de crecimiento sobre todo durante el los días transcurridos entre la fecha de siembra y el primer corte de 97-104 DTS-PC. En el presente estudio se puede observar que en general, BA obtuvo una menor de TC, en comparación con TB. Estos resultados coinciden con Ordóñez y Bojórquez (2004), quienes indican que es probablemente debido a la competencia entre las especies en la asociación.

Las ecuaciones de regresión para predecir la tasa de crecimiento relacionada con la fecha de corte fueron altamente significativas ($P < 0.001$). Los valores de coeficientes de determinación (r^2) fueron de 0.84 (DER = 2.57 kg de MS ha⁻¹ día⁻¹) para la TCT, 0.70 (DER = 2.61 kg de MS ha⁻¹ día⁻¹) para TTB y 0.52 (DER = 2.00 kg de MS ha⁻¹ día⁻¹) para TBA, por lo que se pueden considerar satisfactorias con propósitos predictivos. Por el contrario, la ecuación de predicción obtenida para la TMM mostró una baja capacidad de predicción ($P = 0.1840$), con un valor de $r^2 = 0.06$ (DER = 1.31, kg de MS ha⁻¹ día⁻¹). Las ecuaciones obtenidas indicaron que las tasas de crecimiento

fueron de 0.90, 0.25 y 0.63 kg de MS ha⁻¹ día⁻¹, para TCT, TBA y TTB, respectivamente. Diversos autores como Amaro et al. (2004) han demostrado que los días transcurridos entre la fecha de siembra pueden considerar para predecir la TC con coeficiente de determinación significativa ($r^2 = 0.99$), observando que la tasa de crecimiento obtuvo un incremento de 4 a 16 semanas.

De acuerdo con Hodgson (1990) los días transcurridos entre la fecha de siembra ayudan a determinar tasa de crecimiento que se produce, en tanto que la diversidad de especies las gramíneas. Calzada-Marín *et al.* (2014) han demostrado que la curva ajustada para la tasa de crecimiento presentó un $r^2 > 0.90$ el cual la ecuación fue predictiva para determinar la tasa de crecimiento, observando que el máximo valor de la tasa de crecimiento 247 kg de MS ha⁻¹ día⁻¹ se obtiene en la semana 8. McKenzie *et al.* (1999) informa que la tasa de crecimiento de las especies forrajeras depende estado fenológico y la fecha de corte.

Tabla 4. Ecuaciones de regresión que describe la relación entre la tasa de crecimiento (y) días transcurridos entre la fecha de siembra (x) de una pradera establecida con leguminosa asociada con gramínea.

# Ecuaciones		CME	DER	r^2	P
1	TCT (kg de MS ha ⁻¹ día ⁻¹) = -71.3 ($\pm 8.95^{***}$) + 0.90 ($\pm 0.07^{***}$) x DTS	6.62	2.57	0.84	<.0001
2	TBA (kg de MS ha ⁻¹ día ⁻¹) = -18.8 ($\pm 5.39^{**}$) + 0.25 ($\pm 0.04^{***}$) x DTS	3.99	2.00	0.52	<.0001
3	TTB (kg de MS ha ⁻¹ día ⁻¹) = -52.3 ($\pm 9.16^{***}$) + 0.63 ($\pm 0.07^{***}$) x DTS	6.79	2.61	0.70	<.0001
4	TMM (kg de MS ha ⁻¹ día ⁻¹) = -0.20 ($\pm 2.32^{ns}$) + 0.03 (± 0.02) x DTS	1.71	1.31	0.06	0.1840

***= muy altamente significativa ($P < 0.001$), **= altamente significativa ($P < 0.01$), ns= no significativo ($P > 0.05$), CME= cuadrado medio del error, DER= Desviación estándar residual (kg de MS ha⁻¹), r^2 = coeficiente de determinación. Valores entre paréntesis son errores estándares de los parámetros estimados. Variables: TCT= tasa de crecimiento total, TBA= tasa de crecimiento de ballico anual, TTB= tasa de crecimiento de trébol berseem, TMM= tasa de crecimiento de material muerto y malezas. DTS= días transcurridos entre la fecha de siembra.

Composición botánica

Se observó que los DTS-PC no tuvieron efecto ($P > 0.05$) sobre la composición botánica de las especies evaluadas, observándose que el TB contribuyó con la mayor composición botánica (60 %), mientras que el BA contribuyó con 33 % y el restante 7 % lo integraron la maleza y el material muerto (Tabla 5). En ese sentido, Castro Rivera *et al.* (2012) observaron en la asociación de *T. repens* y *L. perenne*, con una relación de siembra (40:60), que las aportaciones de material muerto y maleza representaron más de 10 % de la composición botánica, mientras que en la presente investigación la asociación de TB y BA con la misma relación de siembra presentó menos de 10 % de la composición botánica de material muerto y malezas para los T₁, T₂, T₆, T₇ y T₈. Sin embargo para los T₃, T₄ y T₅ (104-125 días transcurridos entre la fecha de siembra y el primer corte) presentaron un comportamiento similar a lo reportado por Moreno-Carrillo *et al.* (2015), quienes observaron en las asociaciones de *T. repens* y *L. perenne* con una relación 40:60, que las aportaciones de material muerto y maleza y otros pastos fueron de 15 %. La contribución de cada especie en la producción de la pradera fue variable; el TB fue la especie que más dominante con valores que variaron de 60 a 68 %, el BA de 26 a 53 % y el MM de 4 a 12 %. En las asociaciones de leguminosa-gramíneas la especie dominante como el TB presentó mayor valor en la CB para el T₆ (125 a 132 DTS-PC) con 68 %, mientras que para el BA presentó su mayor CB en el T₄ (111 a 118 DTS-PC) apenas con 36 % y el MM fue mayor en el T₃ (104 a 111 DTS-PC) con 12 %. Lo anterior difiere a lo reportado por Castro *et al.* (2012) quienes encontraron diferencia en la composición botánica de las asociaciones de leguminosa-gramíneas con 23, 37 y 40 con 40, 23 y 37 % (*Dactylis glomerata*, *Lolium multiflorum* y *Trifolium repens*, respectivamente), valores inferiores a los reportados en el presente estudio. No obstante, estas diferencias pueden ser debidas a las condiciones climáticas diferentes donde se realizaron ambos estudios. Del mismo modo,

Villalobos y Sánchez (2010) reportan diferencias en la CB en la respuesta de la DTS-PC de las asociaciones de *T. repens* y *L. perenne*. La temperatura es factor que puede afectar la composición botánica de los forrajes, especialmente las gramíneas asociadas con leguminosas. La mayor aportación del TB de la PMS y la TC, particularmente en el mes de abril, se atribuye a que la temperatura ambiental fue cercana a la óptima para el crecimiento de esta especie que es de 24 °C de acuerdo a lo reportado por Borrajo *et al.* (2014), mientras que para BA las óptimas son de 20 a 25 °C reportados por Amaral *et al.* (2012), por lo que no estuvieron diferencia entre sí. La temperatura es un factor que afecta la producción de la pradera. Por ejemplo, Hernández *et al.* (1997) informan que las bajas temperaturas, aun por periodos cortos, causan una reducción del crecimiento y la tasa de acumulación de forraje. En contraste, varios estudios como han señalado que una mayor temperatura aumenta la producción biomasa para las asociaciones de *D. glomerata* y *L. perenne* (Velasco *et al.*, 2001, 2002, 2005) y *T. repens* y *L. perenne* (Castro *et al.*, 2012; Mendoza *et al.*, 2018).

Las ecuaciones de regresión entre la composición botánica y la fecha de corte de las variables de CBA, CTB y CMM No fueron significativas ($P > 0.05$). Las tres ecuaciones presentaron coeficientes de determinación bajos (Tabla, 6) y no se pueden considerar como satisfactorias con propósitos predictivos para predecir el comportamiento botánico de una pradera establecida con trébol berseem asociado con ballico anual. Los resultados del presente trabajo para la composición botánica de las especies evaluadas y material muerto no coinciden con los indicados por otros autores. Por ejemplo, García-Criado *et al.* (1991) realizaron un estudio para la predicción de la composición botánica de una pradera mixta con *T. alexandrinum* y *L. multiflorum*, en el cual obtuvieron mejor capacidad predictiva para BA, MM y TB (valores de r^2 de 0.97, 0.95 y 0.92 respectivamente).

Tabla 5. Efecto de la fecha de corte sobre la composición botánica de la pradera establecida con leguminosas asociadas con gramíneas en valle de Mexicali.

Variables	Tratamientos: DTS-PC								Efectos	
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	L	C
CBA	30.1	33.0	28.0	35.5	32.7	26.1	30.9	29.2	ns	ns
CTB	62.4	60.1	59.6	53.7	55.9	67.9	62.4	67.2	ns	ns
CMM	7.54	6.98	12.4	10.8	11.4	6.08	6.75	3.60	ns	ns

Variables: CBA= composición botánica de ballico anual en %, CTB= composición botánica de trébol berseem en %, CMM= composición botánica de material muerto y malezas en %. Tratamientos: T₁= 90 a 97 días transcurridos entre la fecha de siembra y el primer corte (DTS-PC), T₂= 97 a 104 DTS-PC, T₃= 104 a 111 DTS-PC, T₄= 111 a 118 DTS-PC, T₅= 118 a 125 DTS-PC, T₆= 125 a 132 DTS-PC, T₇= 132 a 139 DTS-PC y T₈= 139 a 146 DTS-PC. Efectos: L= lineal y C= cuadrático. ns= no significativo ($P > 0.05$).

Tabla 6. Las ecuaciones de regresión que describe la relación entre la composición botánica (y) días transcurridos entre la fecha de siembra (x) de una pradera establecida con leguminosa asociada con gramínea.

# Ecuaciones de regresión		CME	DER	r ²	P
1	CBA (%) = 35.9 (± 15.8*) - 0.04 (± 0.13 ^{ns}) x DTS	11.7	3.42	0.003	0.7413
2	CTB (%) = 46.2 (± 17.1*) + 0.12 (± 0.14 ^{ns}) x DTS	12.7	3.56	0.025	0.3839
3	CMM (%) = 17.9 (± 6.55*) - 0.08 (± 0.05) x DTS	4.85	2.20	0.070	0.1435

*= significativa (P < 0.05), ns= no significativo (P > 0.05), CME= cuadrado medio del error, DER= Desviación estándar residual (kg de MS ha⁻¹), r²= coeficiente de determinación. Valores entre paréntesis son errores estándares de los parámetros estimados. Variables: CBA= composición botánica de ballico anual, CTB= composición botánica de trébol berseem, CMM= composición botánica de material muerto y malezas. DTS= días transcurridos entre la fecha de siembra.

Tabla 7. Efecto de la fecha de corte sobre la relación de producción de materia seca con tasa de crecimiento y composición botánica de la pradera establecida con leguminosas asociadas con gramíneas en valle de Mexicali.

Relación		Tratamientos: DTS-PC								Efectos	
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	L	C
CB: PMS	BA	0.0531 ^a	0.0439 ^{ab}	0.0333 ^{bc}	0.0313 ^{bc}	0.0197 ^{cd}	0.0156 ^d	0.0124 ^d	0.0119 ^d	**	ns
	TB	0.0532 ^a	0.0439 ^{ab}	0.0331 ^{bc}	0.0257 ^{bc}	0.0188 ^{cd}	0.0151 ^d	0.0123 ^d	0.0116 ^d	**	ns
	MM	0.0513 ^a	0.0392 ^{ab}	0.0325 ^{bc}	0.0279 ^{bc}	0.0208 ^{cd}	0.0147 ^d	0.0123 ^d	0.0120 ^d	**	ns
TC:PMS	BA	0.0104 ^a	0.0097 ^a	0.0092 ^{ab}	0.0088 ^b	0.0082 ^b	0.0078 ^c	0.0073 ^c	0.0069 ^c	**	**
	TB	0.0103 ^a	0.0096 ^a	0.0090 ^{ab}	0.0085 ^b	0.0080 ^b	0.0076 ^c	0.0072 ^c	0.0068 ^c	**	*
	MM	0.0101 ^a	0.0093 ^a	0.0088 ^{ab}	0.0082 ^b	0.0078 ^b	0.0073 ^c	0.0072 ^c	0.0068 ^c	*	**

^{abcd}Medias con distinta literal entre cada especie son diferentes estadísticamente (P < 0.05). **= altamente significativa (P < 0.01), *= significativa (P < 0.05), ns= no significativo (P > 0.05), CB:PMS= Relación entre la composición botánica (%) y producción de materia seca (Kg MS ha⁻¹), TC:PMS= Relación entre la tasa de crecimiento (kg MS ha⁻¹ día⁻¹) y producción de materia seca (Kg MS ha⁻¹), BA= ballico anual, TB= trébol berseem, MM= material muerto y malezas. **Tratamientos:** T₁= 90 a 97 días transcurridos entre la fecha de siembra y el primer corte (DTS-PC), T₂= 97 a 104 DTS-PC, T₃= 104 a 111 DTS-PC, T₄= 111 a 118 DTS-PC, T₅= 118 a 125 DTS-PC, T₆= 125 a 132 DTS-PC, T₇= 132 a 139 DTS-PC y T₈= 139 a 146 DTS-PC. **Efectos:** L= lineal y C= cuadrático.

La relación entre la tasa de crecimiento y composición botánica con la producción de materia

La influencia de los días transcurridos entre la fecha de siembra y el primer corte (DTS-PC) sobre la relación entre la tasa de crecimiento y composición botánica con la producción de materia de las especies evaluadas y material muerto se presenta en la Tabla 7. Existió influencia de tipo cuadrática (P < 0.01) de los DTS-PC sobre la relación de TC:PMS, mientras para la relación de CB:PMS se presentó un efecto lineal (P < 0.01). Los resultados obtenidos en el presente estudio indican que esta relación fue menor cuando la productividad de la pradera fue mayor. Esto como consecuencia del mayor incremento en la producción de materia seca. En el presente estudio, se observó que al incrementar DTS-PC provocó una disminución lineal (P < 0.01) en la relación de CB: PMS (P < 0.01) y un efecto comportamiento cuadrático en TC:PMS (P < 0.01) de las especies evaluadas y MM, este resultado fue mascarado por el creciente valor PMS en

el denominador. Los DTS-PC provocó diferencias (P < 0.01) sobre relación de CB:PMS entre las especies evaluadas para los tratamientos T₆ T₇ y T₈, pero no provocó cambios (P > 0.05) sobre la relación de TC:PMS entre las especies evaluadas. Sin embargo, el BA contribuyó mayor relación de CB: PMS como consecuencia de menor PMS. Estos resultados pueden atribuirse a que esta especie obtuvo menor la PMS en la pradera. En el presente estudio se puede observar que, el TB presentó el valor más alto de TC:PMS para T₂, se puede atribuir las temperaturas máximas fue muy cercanas durante en este periodo de corte (Figura, 1) de las temperaturas requeridas para su mayor desarrollo (22 °C). Varios autores como Bircham y Hodgson (1983), Brougham (1960) y Brock y Tilbrook (2000) indican que los forrajes de leguminosas como los tréboles requieren una temperatura de 24 °C, para producir mayor TC, ya que por un proceso acelerado de la PMS. De otro lado, Hernández-Garay *et al.* (1999) reportan que el mayor peso de las hojas maduras durante la etapa reproductiva y a la presencia de la otra especie y malezas que pueden afectar la relación

entre la TC y PMS. Por lo tanto, la PMS tiene una relación muy estrecha con la TC, especialmente en las asociaciones de TB y BA. La menor relación de CB:PMS y TC:PMS parece contribuir a una mayor producción de la pradera en repuesta del incremento de las fechas de corte, ya que se ofrece un tiempo de recuperación adecuado a la pastura, dependiendo de su morfología.

CONCLUSIONES

Los DTS-PC afectaron la PMS y TC, pero no existió ningún cambio sobre la CB de la pradera establecida con trébol berseem (TB) asociada con ballico anual (BA). Se puede observar que al incrementar los DTS-PC se incrementó la producción total de MS, así como la PMS de cada especie. La mayor TC se encontró a los 97-104 DTS-PC para las especies evaluadas y material muerto. La leguminosa TB presentó mayor PMS, CB y TC. De acuerdo con los resultados del presente estudio se observa que los DTS-PC obtuvieron una relación estrecha con la PMS, en la asociación de TB y BA en el clima templado, específicamente en el valle de Mexicali. Los DTS-PC provocó una disminución lineal en las relaciones CB:PMS, así como TC:PMS de cada especie

Agradecimientos

Queremos agradecer al Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California para proporcionando la investigación en el campo experimental. De igual manera para el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca proporcionada a los dos primeros autores (Guidsam Tilus y Marlene Joseph).

Financiamiento. La directora del instituto de ciencias agrícolas otorgó el apoyo económico para el desarrollo del proyecto de investigación “Fecha de corte sobre la productividad, tasa de crecimiento y composición botánica de leguminosas asociadas con gramíneas”.

Declaración de conflicto de intereses. Los autores declaran que no hay conflicto de interés.

Cumplimiento de normas éticas. Los autores declaran que este artículo científico es original y no ha sido publicado en ninguna otra revista. Los autores se han cumplido todo los estándares éticos y contribuyeron de manera voluntaria en la elaboración de este trabajo de investigación.

Disponibilidad de datos. Los datos están disponibles con el autor correspondiente (jsantillano@uabc.edu.mx) y el primero autor (guidsam.tilus@uabc.edu.mx) y se pueden solicitar a través de correos electrónicos anteriores.

REFERENCIAS

- Amaral, M.F., Mezzalira, J.C., Bremm, C., Trindade, J.K., Gibb, M.J., Sun, R.W., Carvalho, P.C. 2012. Sward structure management for a maximum short-term intake rate in annual ryegrass. *Grass and Forage Science*. 68: 271-277. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00898.x>
- Bircham, J.D., Hodgson, J.G. 1983. The influence of sward conditions on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous grazing management. *Grass and Forage Science*. 38: 323-331. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1983.tb01656.x>
- Borrajo, C.I., Morales, F., Laurencó, C., Laplace, S. 2014. Comparación de cultivares de gramíneas megatérmicas en la cuenca del salado. Simposio Recursos Genéticos 37º Congreso Argentina de producción animal. 2º Joint Meeting ASAS-AAPA – XXXIX Congreso de la sociedad Chilena de producción animal. *Revista Argentina de Producción Animal*. 34 (1): 472-473.
- Briske, D.D. 1986. Plant response to defoliation: morphological considerations and allocation priorities. In: Rangelands Joss, P.J., Lynch, P.W. Williams, O.B. eds. Cambridge University Press. Pp. 425-427.
- Brock, J.L., Tilbrook, J.C. 2000. Effect of cultivar of white clover on plant morphology during the establishment of mixed pastures under sheep grazing. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 43:335-343. DOI: <https://doi.org/10.1080/00288233.2000.9513432>
- Brougham, R. 1960. The effects of frequent hard grazing at different times of the year on the productivity and species yields of a grass-clover pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. (3) 125-136. DOI: <https://doi.org/10.1080/00288233.1960.10419866>
- Castro-Hernández, H., Domínguez-Vara, I.A., Morales-Almaráz, E., Huerta-Bravo, M. 2017. Composición química, contenido mineral y digestibilidad *in vitro* de raigrás (*Lolium perenne*) según intervalo de corte y época de crecimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 8(2):201-210. DOI: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i2.4445>
- Castro, R.R., Hernández-Garay, A., Vaquera, H.H., Hernández, P.G., Quero, C.A., Enríquez, Q.J., Martínez, H.P. 2012. Comportamiento productivo de asociaciones de gramíneas con

- leguminosas en pastoreo. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 35(1): 87-95.
- Castro-Rivera, R., Hernández-Garay, A., Vaquera-Huerta, H., Hernández, J., Carrillo, R.A., Quiroz, J.F., Martínez, P.A. **2012**. Productive performance of grass-legume associations under grazing conditions. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 35 (1): 87-95.
- Donaghy, D.J., Fulkerson, W.J. 2002. The impact of defoliation frequency and nitrogen fertilizer application in spring on summer survival of perennial ryegrass under grazing in subtropical Australia. *Grass and Forage Science*. (57): 351-359. DOI: <https://doi.10.1046/j.1365-2494.2002.00335.x>
- Duarte, V.F., Sandoval, C.C., Sarmiento, F.L. 2009. Empleo del modelo Small Ruminant Nutrition System (SRNS) para predecir la ganancia de peso en ovinos machos Pelibuey en crecimiento. *Archivos de Zootecnia*. 58 (224): 671-681.
- García-Criado, B., García-Ciuda, A., Pérez-Corona, M.E. 1991. Prediction of botanical composition in grassland herbage samples by near infrared reflectance spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 57: 507-515.
- Garduño, V.S., Pérez P.J., Hernández, G.A., Herrera, H.G., Martínez, H.P., Joaquín, T.B. 2009. Rendimiento y dinámica de crecimiento estacional de ballico perenne, pastoreado con ovinos a diferentes frecuencias e intensidades. *Técnica Pecuaria Mexicana*. 47(2): 189-202.
- Gylfadóttir, T., Helgadóttir, J., Høgh, H. 2007. Consequences of including adapted white clover in northern European grassland: transfer and deposition of nitrogen. *Plant and Soil*. 297: 93-104. DOI: <https://doi.10.1007 / s11104-007-9323-4>
- Hahn, G.L. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *Journal of Dairy Science*. 82: 10-20. DOI: https://doi.org/10.2527/1997.77suppl_210x
- Harris, W. 2001. Formulation of pasture seed mixtures with reference to competition and succession in pastures. In: A. Lazenby (eds) *Competition and succession in pastures*. CABI Publishing. 149-174.
- Hernández-Garay, G.P., Hodgson, J., Matthew, C. 1997. Effect of spring grazing management on perennial ryegrass/white clover pastures. 1. Tissue turnover and herbage accumulation. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 40:25-35. DOI: <https://doi.org/10.1080/00288233.1997.9513227>
- Hernández-Garay, A., Jesús, F., Hernández, G. 2017. Productivity of orchard grass (*Dactylis glomerata* L.) alone and associated with perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and white clover (*Trifolium repens* L.). *Revista Brasileira de Zootecnia*. 46(12): 890-895.
- Hernández-Garay, A., Matthew, C., Hodgson, J. 1999. Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. *Grass and Forage Science*. 54: 347-356
- Hicks, C.R. 1973. *Fundamental Concepts in the Design of Experiments*. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- Hodgson, J. 1990. *Grazing management. 1st Science into Practice*. Harlow, Reino Unido, Longman Group UK Ltd.
- Horrocks, R., Vallentine, J.F. 1999. *Harvested Forages*. Academic Press. Oval Road, London, United States of America.
- Lemaire, G. 2001. Ecophysiology of grasslands Aspects of forage plant populations in grazed swards. XIX International Grassland Congress. Brazilian Society of Animal Husbandry, Sociedade Brasileira de Zootecnia (eds.). São Pedro, São Paulo. Brasil. Pp. 29-37.
- Louarn, G., Corre-Hellou, G., Fustec, J., Lô-Pelzer, E., Julier, B., Litrico, I., Hinsinger, P., Lecomte, C. 2010. Déterminants écologiques et physiologiques de la productivité et de la stabilité des associations graminées-légumineuses. *Innovations Agronomiques* 11: 79-99
- Maldonado, P.M., Rojas, G.A., Torres, S.N., Herrera, P.J., Joaquín, C.S., Ventura, R.J., Hernández, G.A., Hernández, G.F. 2017. Productivity of orchard grass (*Dactylis glomerata* L.) alone and associated with perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and white clover (*Trifolium repens* L.). *Revista Brasileira de Zootecnia*. 46(12): 890-895. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1806-92902017001200003>
- Maldonado-Peralta, M., Rojas-García, A.R., Marquard, N.T., Weigelt, E.A., Temperton, V.M., Roscher, C., Schumacher, J., Buchmann, N., Fischer, M., Weisser, W.W., Schmid, B. 2009. Plant species richness and functional composition drive overyielding in a six-year grassland experiment. *Ecology*. 90: 3290-3302. <https://doi.org/10.1890/09-0069.1>

- Man, N.V., Wiktorsson, H. 2003. Forage yield, nutritive value, feed intake and digestibility of three grass species as affected by harvest frequency. *Tropical Grasslands*. 37: 101-110.
- Matthew, C.G., Val, E.N., Tom, E.R., Dawson, L.A., Care, D.A. 2001. Understanding shoot and root development. *In: Proc. XIX International Grassland Congress. Brazilian Society of Animal Husbandry, Sociedad Brasileira de Zootecnia* (eds.). São Paulo, Brasil. Pp.19-27.
- McDowell, L.R., Conrad, J.H. 1977. Trace mineral nutrition in Latin America. *World Animal Review*. 6(24): 24-33.
- Mendoza-Pedroza, S.I., Hernández-Garay, A., Rojas-García, A.R., Huerta, H.V., Ramírez-Reynoso, O., Castro-Rivera, R. 2018. Comportamiento productivo de pasto ballico perenne solo y asociado con pasto ovillo y trébol blanco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 9 (2): 343-353. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i2.1076>
- Mommer, L.J., Van Ruijven, H., Caluwe, A.E., Smittiekstra, C.A., Wagemaker, N.J., Ouborg, G.M., Bögemann, G.M., Van Der Weerden, F., Kroon, H. 2010. Unveiling below-ground species abundance in a biodiversity experiment: a test of vertical niche differentiation among grassland species. *Journal of Ecology*. 98: 1117-1127. DOI: <https://doi.10.1111/j.1365-2745.2010.01702.x>
- O'Donovan, M., Delabay, L. 2005. A comparison perennial Ryegrass cultivars differing in heading date and Grass ploidy with spring calving dairy cows grazed at two different stocking rates. *Animal Research*. 54: 337-350. DOI: 10.1051/animres:2005027
- Ordóñez, F., Bojórquez, C. 2004. Establecimiento del *Lolium multiflorum* con cinco densidades sobre pasturas degradadas como una alternativa a la siembra de cultivos agrícolas. *Revista de investigaciones veterinarias del Perú*. 15 (2): 87-91.
- Pirhofer, K.W., Rasmussen, J., Høgh, J.H., Eriksen, J., Soegaard, K., Rasmussen, J. 2012. Nitrogen transfer from forage legumes to nine neighboring plants in a multi-species grassland. *Plant and Soil*. 350:71-84. DOI: <https://doi.10.1007/s11104-011-0882-z>
- Pittroff, W., Kothmann, M.M. 1999. Regulation of intake and diet selection by herbivores. *In: Jung, H. J. and Fahey, G. (eds), Nutritional Ecology of Herbivores. Proceeding of the 5th Symposium on the Nutrition of Herbivores, San Antonio, Texas. Pp. 366-422.*
- Ramírez, R.O., Hernández, G.A., Carneiro, S., Pérez, J., Enríquez, Q.J., Quero, C.A., Herrera, H.J., Cervantes, N.A. 2009. Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales del pasto Mombaza (*Panicum maximum* Jacq.) cosechado a diferentes intervalos de corte. *Técnica Pecuaria en México*. 47(2): 203-213. DOI: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i2.4445>
- Rebora, C., Barros, A., Ibarguren, L., Bertona, A., Antonini, C., Arenas, F. 2015. Efecto del grado de reposo invernal de alfalfa (*Medicago sativa* L.) sobre el rendimiento de heno en el oasis norte de Mendoza. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. 47(2): 43-51.
- Richards, J.H. 1993. Physiology of plants recovering from defoliation. *Proc XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia*. 78:85-94.
- Rojas, G.A., Hernández-Garay, A., Ayala, W., Mendoza, O.S., Joaquín, C.S., Vaquera, H.H., Santiago, O.M. 2016b. Comportamiento productivo de praderas con distintas combinaciones de ovillo (*Dactylis glomerata* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo*. 48: 57-68.
- Rojas, G.A., Hernández-Garay, A., Quero, C.A., Guerrero, R.J., Ayala, W., Zaragoza, R.J., Trejo, L.C. 2016a. Persistencia de *Dactylis glomerata* L. solo y asociado con *Lolium perenne* L. y *Trifolium repens* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7: 885-895.
- Rojas, H.S., Olivares, P.J., Jiménez, G.R., Hernández, C.E. 2005. Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 6: 1-20.
- Rojas, H.S., Olivares, P.J., Jiménez, G.R., Gutiérrez, S.I., Avilés, N.F. 2011. Producción de materia seca y Efectos morfológicos de cuatro cultivares de *Brachiaria* en el trópico. *Revista Avances en Investigación Agropecuaria*. 15 (1): 3-8.
- SAS Institute Inc. 2009. SAS/STAT[®] 9.2 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Sosa-Rubio, E.E., Cabrera, E., Pérez, D., Ortega, L. 2008. Dry matter seasonal production in grasses and legumes in Quintana Roo, México. *Técnica Pecuaria en México*. 46(4): 413-426.
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H. 1980. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 2nd ed. New York, USA: Mcgraw-Hill Book.

- Velasco, Z.M., Hernández, E.G., González, V.A., Pérez, J.P., Vaquera, H.H. 2002. Curvas estacionales de crecimiento del ballico perenne. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 25: 97-106.
- Velasco, Z.M., Hernández E.G., González, V.A., Pérez, J.P., Vaquera, H.H., Galvis, A.S. 2001. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovinillo (*Dactylis glomerata* L.). *Técnica Pecuaria en México*. 39: 1-14.
- Velasco, Z.M., Hernández, G., González, V.A. 2005. Rendimiento y valor nutritivo de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. *Técnica Pecuaria en México*. 43: 274-258.
- White, J., Hodgson, J. 1999. Pasture establishment. In: *Pasture and Crop Science* Oxford University Press. New Zealand. Pp. 104-106.