

PRODUCTIVIDAD DE SIETE ASOCIACIONES Y DOS PRADERAS PURAS DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS EN CONDICIONES DE PASTOREO

FORAGE YIELD OF SEVEN ASSOCIATION AND TWO PURE SWARDS OF GRASSES AND LEGUMES UNDER GRAZING CONDITIONS

Miguel A. Moreno-Carrillo¹, Alfonso Hernández-Garay^{1*}, Humberto Vaquera-Huerta¹, Carlos Trejo-López¹, José A. Escalante-Estrada¹, José L. Zaragoza-Ramírez² y Bertín M. Joaquín-Torres³

¹Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carr. México-Texcoco. 56230, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. ²Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carr. México-Texcoco. 56230, Chapingo, Texcoco, Edo. de México. ³Universidad del Papaloapan. Ferrocarril s/n. 68400, San Antonio, Loma Bonita, Oax.

*Autor para correspondencia (hernan@colpos.mx)

RESUMEN

Con el objetivo de encontrar la mejor asociación que maximice el rendimiento de materia seca del forraje, se estudiaron siete asociaciones de dos gramíneas (*Dactylis glomerata* L. y *Lolium perenne* L.) y una leguminosa (*Trifolium repens* L.) en condiciones de pastoreo, en Texcoco, Estado de México. Se utilizaron siete asociaciones de trébol blanco (TB), ovillo (O) y ballico perenne (BP) que fueron (en %): 30:20:50 (TB:O:BP); 10:70:20 (TB:O:BP); 40:60 (TB:BP); 30:50:20 (TB:O:BP); 20:40:40 (TB:O:BP); 40:60 (TB:O) y 10:20:70 (TB:O:BP). Además se incluyeron dos praderas con gramíneas puras: 100 (BP); 100 (O). Los nueve tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se evaluó el rendimiento de materia seca y la composición botánica. Las praderas fueron defoliadas por ovinos, cada cuatro semanas en primavera-verano y cada seis durante otoño-invierno. La asociación 10:20:70 (TB:O:BP) mostró el mayor rendimiento anual de materia seca, que superó en 66 % a la asociación 10:70:20 (TB:O:BP) y a la pradera pura de ovillo ($P < 0.05$). Entre estaciones, el mayor rendimiento anual de materia seca se presentó en primavera-verano y el menor en otoño-invierno, con 69 y 31 % del rendimiento anual. En promedio, ballico perenne, pasto ovillo y trébol blanco aportaron 47, 21 y 13 % respectivamente, al rendimiento anual de forraje. Con base en el rendimiento anual de forraje y su distribución estacional, la mejor asociación fue 10:20:70 (TB:O:BP).

Palabras clave: *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne*, *Trifolium repens*, composición botánica, rendimiento de forraje.

SUMMARY

To find the best association for maximizing dry matter yield, seven associations of two grasses (*Dactylis glomerata* L. and *Lolium perenne* L.) and one legume (*Trifolium repens* L.) were studied under grazing conditions at Texcoco, State of México. The associations of white clover (WC), orchard grass (O), and perennial ryegrass (PR) were (in %): 30:20:50 (WC:O:PR); 10:70:20 (WC:O:PR); 40:60 (WC:PR); 30:50:20 (WC:O:PR); 20:40:40 (WC:O:PR); 40:60 (WC:O); and 10:20:70 (WC:O:PR). Additionally, two pure swards with 100 (PR) and 100 (O) were included. The nine treatments were distributed in a totally random block design with four replications. The evaluated variables were dry matter yield and botanical composition. Swards were defoliated by sheep every four weeks in the Spring-Summer, and every six weeks in the Fall-Winter. The 10:20:70 (WC:O:PR) association showed

the highest annual dry matter yield, 66 % more than the 10:70:20 (WC:O:PR) association and the pure orchard grass sward ($P < 0.05$). Among seasons, the highest seasonal dry matter yield was recorded in the Spring-Summer, and the lowest in the Fall-Winter, with 69 and 31 % of the annual herbage yield. On average, perennial ryegrass, orchard grass, and white clover accounted for 47, 21, and 13 % respectively, to total dry matter yield. Based on annual herbage yield and seasonal distribution, the best association was 10:20:70 (WC:O:PR).

Index words: *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne*, *Trifolium repens*, botanical composition, herbage yield.

INTRODUCCIÓN

En México, más de 50 % de la superficie nacional se dedica a la ganadería. El pastoreo se realiza en todos los estados del país y ocupa cerca de 62.5 % de los 2, 000, 000 de km² de tierra disponible (CONAGRO, 2006). Los forrajes constituyen una parte importante en la dieta de los rumiantes en las unidades ganaderas, y son la fuente más barata para la producción animal (Pérez *et al.*, 2002). En la zona central del país existen sistemas de producción animal que tienen como componente importante el uso de praderas puras y asociadas. Según SIAP (2009), el rendimiento de pastos cultivados es de 19 t MS ha⁻¹.

El establecimiento de praderas puras o asociadas de mayor rendimiento y valor nutritivo de forraje permite disminuir los costos de producción (en comparación con el uso de dietas balanceadas) y asegurar una alta producción animal (Camacho y García, 2002). En estas explotaciones, el objetivo del manejo de praderas es mantener una alta y sostenida producción de forraje de buena calidad durante el año, la cual se puede lograr al evaluar el potencial de rebrote de las asociaciones de gramíneas y leguminosas presentes y su adaptación a las condiciones ambientales.

El clima tiene influencia directa en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas. Al respecto, la tasa de

crecimiento de cualquier especie forrajera es más sensible a la temperatura ambiental que la tasa de fotosíntesis y respiración, debido a que la temperatura interviene directamente en la aparición y expansión de la lámina foliar, aparición y muerte de tallos y estolones, así como en el crecimiento radical, por lo que las especies forrajeras logran la mayor producción de biomasa cuando se desarrollan en sus rangos óptimos de temperatura (Daly *et al.*, 1996; McKenzie *et al.*, 1999; Matthew *et al.*, 2001; Lemaire, 2001).

El uso de leguminosas solas o asociadas con gramíneas permite mejorar el rendimiento, la distribución estacional y la calidad nutricional del forraje, que a su vez mejoran las ganancias de peso, producción de leche, y fertilidad del suelo por el aporte de nitrógeno atmosférico y una mejor interceptación de luz (Zaragoza *et al.*, 2009). Al respecto, Sanderson *et al.* (2005) señalan que el rendimiento es menor en praderas puras o con dos especies que aquellas con más de tres. En la zona templada del país, trébol blanco (*Trifolium repens* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.), son especies que se emplean en condiciones de pastoreo debido a su lento establecimiento, buena cobertura del suelo, mejor crecimiento estacional y elevada producción de forraje (Castro *et al.*, 2012).

El objetivo de este estudio fue determinar la mejor asociación de dos gramíneas y una leguminosa, sembradas en diferentes proporciones, en términos de rendimiento anual, distribución estacional, tasa de crecimiento, y composición botánica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

El estudio se realizó en una pradera asociada de trébol blanco variedad Ladino, pasto ovillo variedad Potomac y ballico perenne variedad Tetraploide Americano. Dicha pradera está ubicada en el Municipio de Texcoco, Estado de México. El suelo es franco arenoso, ligeramente alcalino (pH 7.8), con 2.4 % de materia orgánica y se clasifica como Typic ustipsamments (Ortiz, 1997). El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, precipitación media anual de 645 mm y temperatura media anual de 15 °C; la menor temperatura promedio mensual es de 11.6 °C y ocurre en enero, y la mayor en mayo con 18.4 °C (García, 1988).

Establecimiento de praderas

La pradera se estableció en diciembre de 2009 y el experimento se llevó a cabo de marzo de 2010 a abril de 2011. Las gramíneas se sembraron en hileras separadas a 15 cm; la leguminosa se sembró en forma perpendicular a las gramíneas, con una distancia entre hileras de 40 cm. La densidad

de siembra fue de 10 kg ha⁻¹ de pasto ovillo, 20 kg ha⁻¹ de ballico perenne y 5 kg ha⁻¹ de trébol blanco.

Las asociaciones se distribuyeron en 36 parcelas experimentales de 7 x 8 m, de acuerdo con un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Se bloqueó según la pendiente del terreno. Las praderas no se fertilizaron y en la época de estiaje se proporcionaron riegos a capacidad de campo cada dos semanas.

Antes de iniciar el experimento, en el mes de marzo de 2010, las praderas fueron defoliadas por ovinos, para uniformizarlas a una altura aproximada de 5 cm sobre el nivel del suelo. Posteriormente, la frecuencia de defoliación varió con la estación del año; cada cuatro semanas durante primavera-verano y cada seis en otoño-invierno, de acuerdo con las recomendaciones de Velasco *et al.* (2001; 2005), para pasto ovillo y ballico perenne en praderas puras. Para un mejor manejo de los ovinos, las praderas fueron delimitadas con cerco eléctrico.

Variables medidas

Rendimiento de forraje

En cada parcela se establecieron dos cuadros fijos de 0.25 m², donde con tijeras se cortó el forraje presente antes del pastoreo a 5 cm de altura. Inmediatamente después, las praderas fueron defoliadas por ovinos a una altura promedio de 5 cm. El material cosechado se lavó y secó en una estufa de aire forzado por 48 horas a 55 °C y se pesó. La acumulación de forraje estacional y anual en cada asociación, se obtuvo al sumar el forraje cosechado en los cortes correspondientes a los meses de cada estación y en todos los meses del año, respectivamente.

Composición botánica

Para determinar la composición botánica, en el muestreo cercano a la mitad de cada estación, se tomó una submuestra de aproximadamente 20 % la cual se separó por especie motivo de estudio (pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco), material muerto, otros pastos y maleza. Las especies se secaron en una estufa de aire forzado a 55 °C durante 48 h y se pesaron.

Análisis estadístico

Para su análisis estadístico, los datos se agruparon de manera estacional y anual, conforme al diseño experimental ya indicado. Las medias de tratamientos se estimaron con el procedimiento LSMEANS y la comparación entre ellas por medio de la probabilidad de la diferencia (PDIF), con la prueba "t de Student" ($P \leq 0.05$), mediante

el procedimiento estadístico PROC GLM del software SAS (SAS Institute, 2002).

Datos climáticos

Los promedios mensuales de temperatura a la intemperie (máxima, media y mínima) y la precipitación mensual durante el periodo de estudio, se obtuvieron de una estación meteorológica situada a 100 m del sitio experimental (Cuadro 1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de forraje

El mayor rendimiento anual (Cuadro 2) lo registró la asociación 10:20:70 de trébol blanco, pasto ovillo y ballico perenne (TB:O:BP) (12, 611 kg MS ha⁻¹); en cambio, los menores rendimientos anuales correspondieron a la asociación 10:70:20 y a la pradera pura de ovillo, con 7612 y 7581 kg MS ha⁻¹, respectivamente. La asociación 10:20:70 (TB:O:BP) superó en 66 % a la asociación 10:70:20 (TB:O:BP) y a la pradera pura de pasto ovillo. El rendimiento anual mostró el siguiente orden descendente: 10:20:70 (TB:O:BP) > 100 (BP) > 20:40:40 (TB:O:BP) > 30:20:50 (TB:O:BP) > 40:60 (TB:BP) > 40:60 (TB:O) > 30:50:20 (TB:O:BP) > 10:70:20 (TB:O:BP) > 100 (O) (Cuadro 2). En la asociación 10:20:70 (TB:O:BP), el aporte por especie fue: 70 % de ballico perenne, 11 % para trébol blanco y 8 % del pasto ovillo; en la pradera pura el ballico perenne aportó 86 %.

En cuanto al rendimiento estacional (Cuadro 2), 69 % del rendimiento anual de las nueve asociaciones se presentó en primavera y verano, y 31 % en otoño e invierno; la estación de invierno tuvo el menor valor con 12 % ($P < 0.01$). En primavera el mayor rendimiento lo mostró la pradera pura de BP y la asociación 10:20:70 (TB:O:BP) ($P < 0.01$) con 40 y 32 % del rendimiento anual, estadísticamente diferentes a las asociaciones 10:70:20 (TB:O:BP), 30:50:20 (TB:O:BP), 40:60 (TB:O) y a la pradera pura de ovillo ($P < 0.01$). Sin embargo, en verano, otoño e invierno no hubo diferencias estadísticas entre asociaciones.

Al evaluar praderas asociadas con más de dos especies, Sanderson *et al.* (2005) observaron que en la época húmeda no hubo diferencias en la producción de forraje entre asociaciones, con un promedio de 9800 kg de MS ha⁻¹, pero durante la época de estiaje las praderas con menor número de especies asociadas (dos especies) produjeron menor cantidad de forraje que aquellas con más de 6 especies (4800 vs. 7600 kg MS ha⁻¹). El estrés por sequía durante los meses de verano a menudo es la causa de que las gramíneas y leguminosas queden latentes (Hudson *et al.*, 2010). Sin embargo, en este estudio todas las asociaciones, particularmente aquellas con más de 40 % de pasto ballico perenne, registraron los mayores rendimientos durante primavera-verano, producto de las buenas condiciones de luz y temperatura (Cuadro 1) y a la falta de estrés hídrico por haberles suministrado riego.

La distribución promedio estacional del rendimiento en

Cuadro 1. Promedios mensuales de temperatura, precipitación y número de heladas registradas durante el periodo experimental. Estación meteorológica del Colegio de Posgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Mes (marzo a diciembre de 2010, enero a abril de 2011)	Temperatura (°C)			Número de heladas	Precipitación (mm)
	Máxima	Mínima	Promedio		
Marzo	32	-3	15.3	4	15.2
Abril	34	0	17.4	0	39.5
Mayo	36	-3	20	0	10.5
Junio	36	4	20.7	0	49.2
Julio	33.5	5.5	18.7	0	208.6
Agosto	29	5	18	0	149.5
Septiembre	29.5	-4	17.3	2	44.3
Octubre	30	-4.5	13	14	0
Noviembre	29.5	-13	9.7	10	0
Diciembre	23.4	-6.4	8.5	2	0
Enero	29	-7.5	11.1	20	44
Febrero	30	-8	13.2	8	3
Marzo	26.8	0.6	13.7	0	1.8
Abril	36	2	19.6	0	12.2

Cuadro 2. Rendimiento de forraje estacional y anual (kg MS ha⁻¹), de siete asociaciones y dos praderas puras de gramíneas y leguminosas.

Estación del año	Asociaciones									EEM	Sig	Prom
	30:20:50	10:70:20	100	100	40:60	30:50:20	20:40:40	40:60	10:20:70			
	TB:O:BP	TB:O:BP	BP	O	TB:BP	TB:O:BP	TB:O:BP	TB:O	TB:O:BP			
Primavera	3120 ABab	2620 Ba	4329 Aa	2260 B	3165 ABa	2528 Bab	3122 ABa	2367 Bab	4084 A a	183	**	3066 a
Verano	3756 a	2757 a	3867ab	2523	3023 a	3120 a	3430 a	3406 a	4312 a	141	ns	3355 a
Otoño	1887 ab	1209 b	1534 bc	1604	1984 ab	1440 ab	2051 ab	1759 b	2767 ab	112	ns	1804 b
Invierno	1028 b	1027 b	1134 c	1194	1192 b	926 b	1201 b	979 b	1449 b	40	ns	1126 c
Promedio	2448 AB	1903 B	2716 AB	1895 B	2341 AB	2003 B	2451 AB	2128 AB	3153 A		**	
EEM	265	197	350	131	201	217	221	222	287			104
Rendimiento anual	9790 AB	7612 B	10,863 AB	7581 B	9363 AB	8014 AB	9803 AB	8510 AB	12,611 A		*	

Diferente literal mayúscula en la misma hilera, indica diferencias significativas entre asociaciones ($P < 0.01$). Diferente literal minúscula en la misma columna, indica diferencias significativas entre estaciones del año para cada asociación ($P < 0.01$). TB = trébol blanco, O = ovinillo, BP = ballico perenne; EEM = error estándar de la media; ns = no significativo; Sig = significancia, * = ($P < 0.05$), ** = ($P < 0.01$); Prom = promedio.

las nueve asociaciones fue 33, 36, 19 y 12 % para primavera, verano, otoño e invierno ($P < 0.05$), respectivamente; las mayores proporciones registradas en primavera y verano se atribuyen a que en estas dos estaciones se registraron las condiciones ambientales adecuadas, particularmente de temperatura, que permitieron a las tres especies manifestar su máximo potencial productivo (Cuadro 1). Al respecto, se ha señalado que al aumentar la temperatura aumenta la tasa de aparición y expansión foliar y aunada con un nivel adecuado de humedad, la pradera alcanza rápidamente su índice de área foliar óptimo en primavera y verano, como lo consignaron Velasco *et al.* (2001; 2005), para pasto ovinillo y ballico perenne, y Clark *et al.* (1995) y Brock *et al.* (1989) para trébol blanco.

Al comparar la contribución de cada especie al rendimiento anual (Cuadro 3), en todas las asociaciones el ballico perenne aportó más de 50 %; destaca que la época de primavera-verano concentró 80 % del rendimiento anual, mientras que en invierno la aportación fue de apenas 6 %. La pradera pura de BP con 9286 kg MS ha⁻¹ presentó el mayor rendimiento anual al superar en 172 y 193 % a las asociaciones con 20 % de esta especie.

Al respecto, Matthew *et al.* (2001) y Lemaire (2001) señalan que el rendimiento de las plantas forrajeras está sujeto a un patrón de crecimiento influenciado por la temperatura, humedad y nutrientes, que determinan la cantidad de biomasa por ciclo de producción, y el rendimiento estacional y anual. En este estudio, tales condiciones se presentaron durante primavera-verano. Por su parte, Pérez *et al.* (2002) señalan que para maximizar la acumulación de forraje en el tiempo, la energía solar debe ser interceptada por las hojas fotosintéticamente activas, a través de periodos de crecimiento activo.

Por ello, entre mayor sea el índice de área foliar de una pradera, mayor será la proporción de radiación incidente interceptada por la masa foliar y, durante el rebrote la tasa de crecimiento del forraje aumenta hasta que 95 % de la luz incidente es interceptada. Tales condiciones se registraron en primavera y verano. Otro factor que permitió a que el ballico perenne fuese la especie predominante es que tanto el pasto ovinillo como el trébol blanco son de establecimiento lento, además de que el pasto ovinillo es de porte menos erecto que el pasto ballico perenne (Brock *et al.*, 1989; Durand *et al.*, 1999).

El pasto ovinillo registró menor rendimiento que el ballico solo y que las asociaciones, y el ovinillo puro tuvo un rendimiento anual de 7581 kg MS ha⁻¹ (Cuadro 3). En promedio de las asociaciones, el mayor rendimiento fue durante verano con 46 % del anual ($P < 0.01$). La pradera pura de ovinillo y la asociación 10:20:70 (TB:O:BP) con 4553 y 961 kg MS ha⁻¹ fueron las que presentaron el mayor y menor rendimiento de pasto ovinillo, respectivamente ($P < 0.01$).

La escasa contribución del ovinillo al rendimiento anual pudo deberse a que cuando esta especie es sometida a una severa defoliación, el número de hojas remanentes es mínimo por lo que su rebrote es lento. De acuerdo con Turner *et al.* (2007), para asegurar un crecimiento vigoroso del pasto ovinillo se recomienda dejar cuatro hojas remanentes por tallo y un intervalo de defoliación adecuado para maximizar el rebrote y la persistencia.

Zaragoza *et al.* (2009) evaluaron el efecto de la frecuencia de pastoreo (28 y 35 d durante primavera, verano y otoño; y en invierno de 35 a 42 d), con tres alturas de forraje residual, pastoreo severo (3 a 6 cm), intermedio (7 a 10 cm) y ligero (11 a 14 cm) en una asociación de alfalfa-ovillo. Estos

Cuadro 3. Rendimiento (kg MS ha⁻¹) de forraje estacional y anual por especie deseable, en siete asociaciones y dos praderas puras de gramíneas y leguminosas.

Estación del año	Asociaciones									EEM	Sig	Prom
	30:20:50	10:70:20	100	100	40:60	30:50:20	20:40:40	40:60	10:20:70			
	TB:O:BP	TB:O:BP	BP	O	TB:BP	TB:O:BP	TB:O:BP	TB:O	TB:O:BP			
Trébol blanco												
Primavera	160 AB	102 B			126 ABb	146 AB	135 AB	290 A	107 ABc	16	*	152 b
Verano	460	290			349 ab	457	474	723	247 bc	39	ns	429 a
Otoño	628	384			446 a	446	629	663	394 ab	30	ns	513 a
Invierno	441	392			505 a	426	593	442	635 a	23	ns	490 a
Promedio	422	292			356	368	458	530	346		ns	
EEM	36	39			35	36	15	18	56			37
Rendimiento anual	1688	1167			1425	1474	1828	2118	1366		ns	
Pasto ovillo												
Primavera	170 C	343 BCb		1385 Aab		452 BCab	383 BCab	931 AB b	137 Cb	114	**	543 b
Verano	598 B	815 ABa		1772 Aa		903 ABa	829 ABa	1864 A a	476 Ba	139	*	1037 a
Otoño	228	266 b		921 ab		370 ab	362 ab	668 b	258 ab	65	ns	439 b
Invierno	116 B	195 ABb		475 Ab		164 ABb	232 ABb	352 AB b	91 Bb	34	**	232 c
Promedio	278 C	405 BC		1138 A		472 BC	451 BC	954 AB	240 C		**	
EEM	55	70		141		78	65	163	43			49
Rendimiento anual	1111 BC	1619 BC		4553 A		1890 ABC	1806 ABC	3814 AB	961 C		**	
Ballico perenne												
Primavera	2289 BCa	1646 Ca	3705 Aa		2553 ABCa	1355 Ca	2223 BCa		3246 ABa	208	**	2431 a
Verano	2441 ABa	1259 Ba	3608 Aa		2311 ABa	1357 Ba	1839 ABa		3426 Aa	232	*	2320 a
Otoño	726 ABab	305 Bb	1189 ABb		1207 ABab	314 Bb	670 ABb		1751 Aab	132	*	880 b
Invierno	271 Bb	202 Bb	783 Ab		472 ABb	145 Bb	170 Bb		454 ABb	57	**	357 c
Promedio	1432 BC	853 C	2321 A		1636 AB	793 C	1225 BC		2219 A		**	
EEM	274	178	378		243	164	241		349			96
Rendimiento anual	5726 ABC	3411 C	9286 A		6543 ABC	3171 C	4902 BC		8877 AB		**	

Diferente literal mayúscula, en la misma hilera indica diferencias significativas entre asociaciones ($P < 0.01$). Diferente literal minúscula en la misma columna, indica diferencias significativas entre estaciones del año para cada asociación ($P < 0.01$). TB = trébol blanco; O = ovillo; BP = ballico perenne; EEM = error estándar de la media; ns = no significativo; Sig = significancia, * = ($P < 0.05$), ** = ($P < 0.01$); Prom = promedio.

autores encontraron que los pastoreos severos favorecen el rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y reducen el de pasto ovillo, así como la presencia de malezas; en contraste, las defoliaciones ligeras promueve el mayor rendimiento del pasto ovillo y mayor acumulación de material muerto; además reportaron que el pastoreo ligero y poco frecuente incrementa la altura de la pradera, peso, densidad de tallos y área foliar del pasto ovillo, mientras que los pastoreos severos y frecuentes favorecen a la alfalfa.

En la mayoría de las asociaciones estudiadas el trébol blanco fue la especie que presentó la menor aportación al rendimiento anual de forraje, con un promedio por asociación de 1581 kg MS ha⁻¹, sin diferencias estadísticas entre asociaciones en el verano, otoño e invierno ($P > 0.05$). Al comparar el rendimiento de esta especie en cada asociación entre estaciones, se detectó un incremento progresivo conforme transcurrieron las estaciones del año de primavera a invierno, significativo en las asociaciones 40:60 (TB:BP) y 10:20:70 (TB:O:BP) ($P < 0.05$). En contraste con lo observado en las gramíneas, el trébol blanco registró la menor aportación al rendimiento anual durante primavera-verano, con 37 % del total.

La escasa aportación del trébol blanco en comparación con las gramíneas, se pueden deber a que los datos del presente estudio corresponden al primer año de la pradera. Su lento establecimiento y las condiciones ambientales predominantes durante la siembra, principalmente la temperaturas bajas, no estimularon el crecimiento del trébol en las praderas asociadas, según reportaron Brock *et al.* (1989).

Los resultados obtenidos en el presente estudio no concuerdan con lo señalado por Castro *et al.* (2012) quienes al evaluar cinco asociaciones de ballico perenne, pasto ovillo y trébol blanco en el Valle de México, observaron el mayor rendimiento de forraje (17,270 kg MS ha⁻¹) en una pradera con proporciones 40:20:40 (TB:O:BP) de cada especie, donde la aportación al rendimiento anual de trébol blanco fue de 10,000 kg MS ha⁻¹. Tampoco concuerdan con lo reportado por Brock *et al.* (1989), los que indicaron que la mayor producción del trébol blanco con respecto a las gramíneas, fue durante primavera-verano, y se debió a que las condiciones ambientales, principalmente la temperatura óptima, estimulan el crecimiento del trébol en praderas puras y asociadas. En nuestro estudio las bajas temperaturas que prevalecieron al momento de sembrarlo (Cuadro 1), pudieron haber afectado más al trébol blanco, en especial por ser una especie de lento establecimiento.

La intensidad de pastoreo (a 5 cm de altura) pudo ser el factor que permitió al trébol blanco que fuera la especie dominante durante el periodo de otoño-invierno en la mayoría de las siete asociaciones, ya que por tener un hábito

de crecimiento estolonífero es menos susceptible a perder meristemos de crecimiento que las especies erectas como ballico perenne y ovillo, como lo reportó Hodgson (1990). Adicionalmente, se considera que el arreglo horizontal de sus hojas permitió a las plantas de trébol blanco restablecer su área foliar y utilizar la luz solar más rápido durante el invierno, que el ballico perenne y el pasto ovillo (Brock *et al.*, 1989).

La mayor aportación del ballico perenne al rendimiento anual, particularmente en primavera y verano, se debió a que la temperatura ambiental osciló alrededor de las temperaturas óptimas (18.7 °C; Cuadro 1) para el crecimiento de esta especie (Black *et al.*, 2006). Las primeras etapas de desarrollo son clave para el establecimiento exitoso de los pastos en praderas, ya que la germinación y emergencia son importantes en la capacidad competitiva porque determinan en gran medida el potencial productivo (Durán *et al.*, 2011).

En invierno se registró el menor rendimiento de las dos gramíneas evaluadas, debido a las bajas temperaturas que llegaron a valores bajo cero; de las cuatro estaciones, las temperaturas mínimas más bajas se presentaron en otoño e invierno (Cuadro 1). Al respecto, las bajas temperaturas, aún en periodos cortos, disminuyen el crecimiento de los pastos por lo que se pueden presentar tasas de acumulación de forraje muy bajas (Hudson *et al.*, 2010).

Composición botánica

En general, el ballico perenne contribuyó al rendimiento total de forraje con 47 %, el pasto ovillo con 21 % y el trébol blanco con 13 %, mientras que el 19 % restante lo integró el material muerto, otros pastos y malezas (Figura 1). La contribución de cada especie al rendimiento en las praderas puras fue de 86 y 60 % para el ballico perenne y pasto ovillo, mientras que en asociaciones su aportación fue muy variable. El ballico perenne fue la especie que más aportó, con porcentajes que variaron de 70 a 40 % en las asociaciones 40:60 (TB:BP) y 30:50:20 (TB:O:BP), respectivamente (Figura 1), con una diferencia de 3372 kg MS ha⁻¹ (Cuadro 4). El trébol blanco en las asociaciones 40:60 (TB:O) y 10:20:70 (TB:O:BP) contribuyó con 25 y 11 %, respectivamente (752 kg MS ha⁻¹, de diferencia). El pasto ovillo registró una diferencia de 2853 kg MS ha⁻¹ entre las asociaciones 40:60 (TB:O) y 10:20:70 (TB:O:BP).

En la asociación 10:20:70 (TB:O:BP), el ballico perenne aportó 70 %, seguido del trébol blanco con 11 %, y el ovillo con 8 %. En las asociaciones 40:60 de trébol blanco con pasto ovillo (TB:O) y ballico perenne (TB:BP), las aportaciones de material muerto, maleza y otros pastos fueron de 30 y 15 %, respectivamente. En las asociaciones de las tres

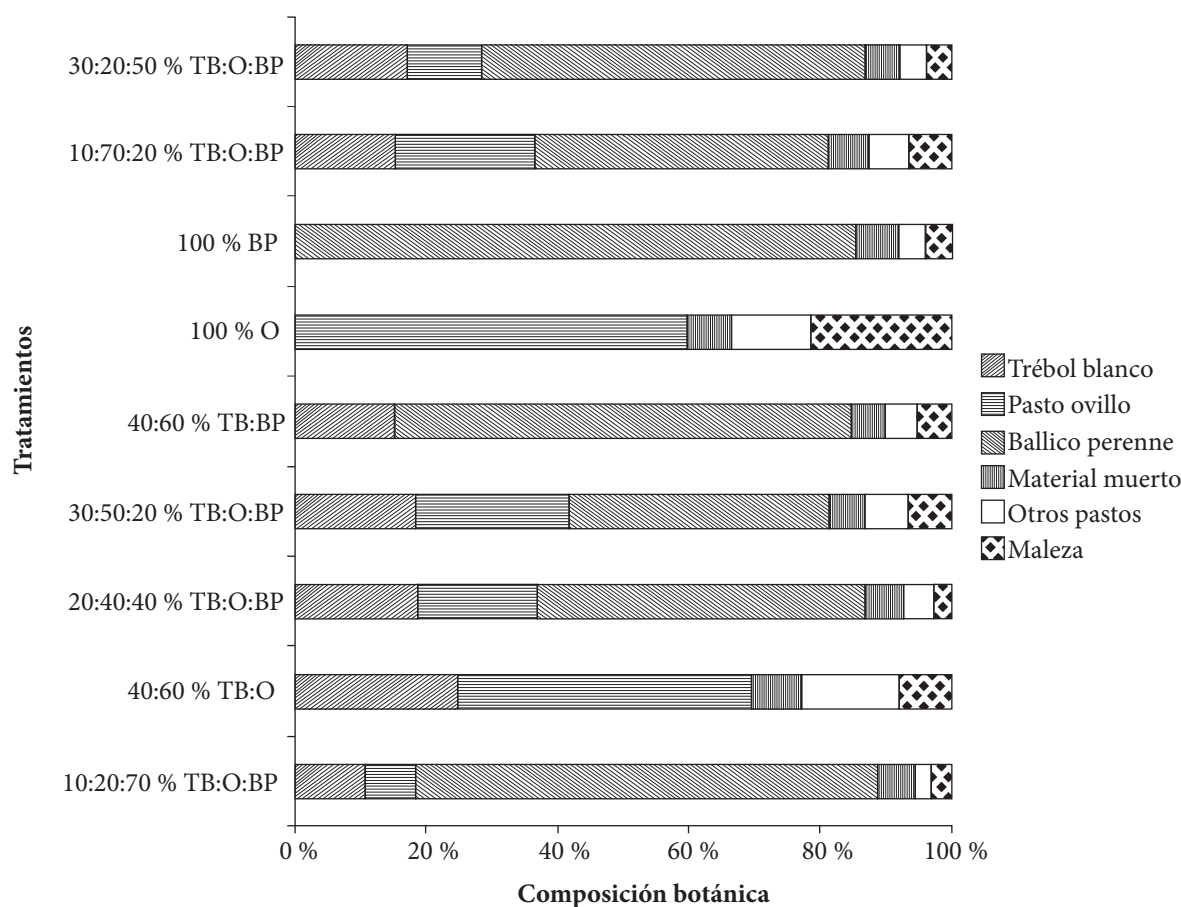


Figura 1. Porcentajes promedios de las especies deseables que integran las siete asociaciones y dos praderas puras de gramíneas y leguminosas.

especies con mayores cantidades de pasto ovido, 10:70:20 y 30:50:20 (TB:O:BP), la proporción de material muerto, maleza y otros pastos fue mayor de 15 %. En contraste, cuando hubo la mayor cantidad de ballico perenne en la asociación, 30:20:50 y 10:20:70 (TB:O:BP), el porcentaje de esos componentes fue menor a 15 %. Las praderas puras de ovido y ballico perenne registraron 40 y 15 % de componentes no deseables, respectivamente (Figura 1).

Estos resultados no concuerdan con los registrados por Castro *et al.* (2012) en cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas en el Valle de México, pues ellos observaron que el trébol blanco contribuyó con 50 % al rendimiento total de forraje, el ballico perenne con 28 % y el pasto ovido con 12 %; el restante 10 % estuvo integrado por material muerto, otros pastos y maleza. La falta de concordancia pudo deberse a que Castro *et al.* (2012) evaluaron praderas con 2 años de establecidas, mientras que las praderas de nuestro estudio tenían menos de un año cuando se inició la evaluación.

La intensidad de pastoreo usado en esta investigación tal vez redujo la productividad del pasto ovido y por ello se au-

mentó la invasión de malezas, como reportaron Coleman y Sollenberger (2007), también se elevó la proporción de otros pastos, como lo muestran la pradera pura y las asociadas con mayor proporción de ovido (Figuras 1).

CONCLUSIONES

Con base en el rendimiento anual de forraje, la mejor asociación fue 10:20:70 (TB:O:BP). Durante primavera-verano la pradera pura de ballico perenne y la asociación 10:20:70 (TB:O:BP) registraron el mayor rendimiento de forraje. El ballico perenne fue la especie dominante y contribuyó con 47 % al rendimiento anual, seguido del pasto ovido con 21 % y, en menor proporción el trébol blanco con 13 %.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo brindado para la realización de los estudios de doctorado de Miguel Ángel Moreno Carrillo, y a la Línea 11 Sistemas de Producción Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola por el apoyo brindado para la realización de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Black A. D., D. J. Moot and R. J. Lucas (2006)** Development and growth characteristics of Caucasian and white clover seedlings, compared with perennial ryegrass. *Grass Forage Science* 61:442-453.
- Brock J. L., J. R. Caradus and M. J. M Hay (1989)** Fifty years of white clover research in New Zealand. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 50:25-39.
- Camacho G. J. L. y J. G. García M. (2002)** Producción y calidad del forraje de cuatro variedades de alfalfa asociadas con trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y pasto ovillo. *Veterinaria México* 34:149-177.
- Castro R. R., A. Hernández G., J. Pérez P., J. Hernández G., A. R. Quero C., J. F. Enríquez Q. y P. A. Martínez H. (2012)** Comportamiento productivo de cinco asociaciones gramíneas-leguminosas bajo condiciones de pastoreo. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35:87-95.
- Clark H., P. C. D. Newton, C. C. Bell and E. M. Glasgow (1995)** The influence of elevated CO₂ and simulated seasonal changes in temperature on tissue turnover in pasture turfs dominated by ryegrass (*Lolium perenne* L.) y white clover (*Trifolium repens* L.). *Journal of Applied Ecology* 32:128-136.
- Coleman S. W. and L. E. Sollenberger (2007)** Plant-herbivore interactions. In: R. F. Barnes *et al.* (ed.) Forages: The Science of Grassland Agriculture, Vol. 2. 6th ed. Blackwell Publ., Ames, IA. pp:123-136.
- Daly M. J., R. M. Hunter, G. N. Green and L. Hunt (1996)** A comparison of multi-species pasture with ryegrass-white clover pastures under dry land conditions. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 58:53-58.
- Durand J. L., R. Schäufele and F. Gastal (1999)** Grass leaf elongation rate as a function of developmental stage and temperature: Morphological analysis and modeling. *Annals of Botany* 83:577-588.
- Durán P. N., J. A. Ruiz C., D. R. González E., G. Núñez H., F. J. Padilla R. y S. H. Contreras R. (2011)** Temperaturas cardinales de desarrollo en la etapa siembra-emergencia de 11 pastos forrajeros. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 2:347-357.
- García E. (1988)** Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- Hodgson J. (1990)** Grazing Management: Science into Practice. Longman Scientific & Technical. Harlow, England. 204 p.
- Hudson D. J., R. H. Leep, T. S. Dietz and A. Kravchenko (2010)** Integrated warm and cool season grass and legume pastures: I. Seasonal forage dynamics. *Agronomy Journal* 102:303-309.
- Lemaire G. (2001)** Ecophysiology of grasslands Aspects of forage plant populations in grazed swards. In: Proc. XIX International Grassland Congress. Brazilian Society of Animal Husbandry, Sociedad Brasileira de Zootecnia (eds.). São Pedro, São Paulo. Brasil. pp:29-37.
- Matthew C. G., E. N. Val Loo, E. R. Tom, L. A. Dawson and D. A. Care (2001)** Understanding shoot and root development. In: Proc. XIX International Grassland Congress. Brazilian Society of Animal Husbandry, Sociedad Brasileira de Zootecnia (eds.). São Pedro, São Paulo, Brasil. pp:19-27.
- McKenzie B. A., P. D. Kemp, D. J. Moot, C. Matthew and R. J. Lucas (1999)** Environmental effects on plant growth and development. In: New Zealand Pasture and Crop Science. J. White and J. Hodgson (eds.). Auckland, N. Z. Oxford University. pp:29-44.
- Ortiz S. C. (1997)** Colección de monolitos. Montecillo, Texcoco, Edo. México. México: Depto. Génesis de Suelos. Edafología, IRENAT. Colegio de Postgraduados. 17 p.
- Pérez B. M. T., A. Hernández G., J. Pérez P., J. G. Herrera H., R. Bárcena G. (2002)** Respuesta productiva y dinámica de rebrote del ballico perenne a diferentes alturas de corte. *Técnica Pecuaria en México* 40:251-263.
- SIAP, Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (2009)** Producción Agrícola en México. Centro de Estadística Agropecuaria. <http://www.siap.gob.mx/>. (Enero 2012).
- Sanderson M. A., K. J. Soder, L. D. Muller, K. D. Klement, R. H. Skinner and S. C. Goslee (2005)** Forage mixture productivity and botanical composition in pastures grazed by dairy cattle. *Agronomy Journal* 97:1465-1471.
- SAS Institute (2002)** SAS User's Guide: Statistics (version 9.0 ed.). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc.
- Turner L. R., D. J. Donaghy, P. A. Lane and R. P. Rawnsley (2007)** Distribution of water-soluble carbohydrate reserves in the stubble of prairie grass and orchard grass plants. *Agronomy Journal* 99:591-594.
- Velasco Z. M. E., A. Hernández G., V. A. González H., J. Pérez P., H. Vaquera H., A. Galvis S. (2001)** Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.). *Técnica Pecuaria en México* 39:1-14.
- Velasco Z. M. E., A. Hernández G. and V. A. González H. (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.
- Zaragoza E. J., A. Hernández G., J. Pérez P., J. G. Herrera H., F. Osnaya G., P. A. Martínez H., S. González M. and A. R. Quero C. (2009)** Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto ovillo. *Técnica Pecuaria en México* 47:173-188.