

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE ASOCIACIONES DE GRAMÍNEAS CON LEGUMINOSAS EN PASTOREO

PRODUCTIVE PERFORMANCE OF GRASS-LEGUME ASSOCIATIONS UNDER GRAZING CONDITIONS

Rigoberto Castro Rivera¹, Alfonso Hernández Garay^{2*}, Humberto Vaquera Huerta¹, J. de la Paz Hernández Girón¹, Adrián R. Quero Carrillo², Javier F. Enríquez Quiroz³ y Pedro A. Martínez Hernández⁴

¹Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Oaxaca. Hornos 1003, Sta. Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. Tel. 01 951 51 706 10 Ext. 82754. ²Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Km 36.5 carretera México-Texcoco. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México. ³Campo Experimental Cotaxtla. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Álamos 29, Col. Limón de Guerrero, Isla, Veracruz, México ⁴Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. 56230, Chapingo, Estado de México.

Autor para correspondencia (hernan@colpos.mx)

RESUMEN

Se evaluaron varias asociaciones de dos gramíneas (ovillo, *Dactylis glomerata*; y ballico perenne, *Lolium perenne*) y una leguminosa (trébol blanco, *Trifolium repens*) en diferentes proporciones, para buscar la de máximo rendimiento de materia seca (MS). Se utilizaron cinco proporciones (%) de trébol blanco, ovillo y ballico perenne: 40:30:30; 40:0:60; 40:60:0; 40:20:40 y 40:40:20, que se distribuyeron en 20 unidades experimentales bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de materia seca, tasa de crecimiento, altura de planta y composición botánica. Las praderas fueron pastoreadas por ovinos de la cruce entre las razas Suffolk x Dorset, cada cuatro semanas en primavera-verano y cada seis en otoño-invierno. La asociación 40:20:40 mostró el mayor rendimiento de MS que superó en 52 % a la asociación 40:60:0 que produjo el valor más bajo ($P \leq 0.05$). En todas las asociaciones el mayor rendimiento de MS ocurrió en primavera-verano y el menor en otoño-invierno, con 65 y 35 % del rendimiento anual. En promedio, trébol blanco, ballico perenne y pasto ovillo aportaron 51, 34 y 17 % respectivamente, del rendimiento de MS. Las mejores asociaciones fueron 40:20:40 y 40:30:30. Del análisis de mezclas se obtuvo que la asociación que maximiza el rendimiento de MS fue 40, 23 y 37 % de trébol blanco, ovillo y ballico perenne, respectivamente. Dicho valor se obtuvo con la ecuación: Rendimiento de MS (kg ha^{-1}) = 11906 (proporción de pasto ovillo) + 14913 (proporción de ballico perenne) + 12770 (proporción de pasto ovillo) x (proporción de ballico perenne).

Palabras clave: *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne*, *Trifolium repens*, praderas asociadas, rendimiento de forraje.

SUMMARY

With the aim to maximize dry matter (DM) yield, several associations of two grasses (orchard grass, *Dactylis glomerata*, and perennial ryegrass, *Lolium perenne*), and one legume (white clover, *Trifolium repens*) were studied. Five proportions (%) of white clover, orchard grass and perennial ryegrass were utilized: 40:30:30; 40:0:60; 40:60:0; 40:20:40 and 40:40:20, and allocated in 20 experimental units, under a randomized block design with four replications. The measured variables were dry matter yield, growth rate, plant height, and botanical composition. Swards were grazed by sheep Suffolk x Dorset, every

four weeks in spring-summer and every six weeks in autumn-winter. The 40:20:40 association showed the highest DM yield, which was 52 % higher than that of 40:60:0 with the lowest value ($P \leq 0.05$). In all the associations, the highest DM yield was observed in spring-summer and the lowest in autumn-winter, with 65 and 35 % of the annual yield. On average, white clover, orchard grass and perennial ryegrass contributed 51, 34 and 17 % of the total DM yield, respectively. The best associations were 40:20:40 and 40:30:30. From the mixture analysis, the ideal proportion that maximizes DM yield was 40, 23, and 37 % of white clover, orchard grass and perennial ryegrass, respectively. These values were obtained using the following regression equation: DM yield (kg ha^{-1}) = 11906 (orchard grass proportion) + 14913 (perennial ryegrass proportion) + 12770 (orchard grass proportion) x (perennial ryegrass proportion).

Index words: *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne*, *Trifolium repens*, associated swards, herbage yield.

INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento adecuado de praderas, puras o mixtas, requiere conocer la distribución estacional del rendimiento, así como las especies forrajeras y su respuesta al corte o defoliación. La tasa de crecimiento de una especie forrajera es muy sensible a la temperatura ambiental y a la precipitación (McKenzie *et al.*, 1999), lo cual determina el rendimiento de materia seca (MS) tanto estacional como anual (Matthew *et al.*, 2001; Lemaire, 2001). La asociación de especies forrajeras también afecta al rendimiento total, distribución estacional y la contribución de cada una de las especies, por lo que es necesario conocer su proporción óptima en la pradera (Karsten y Carlsson, 2002).

Al evaluar cuatro variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.), asociadas con trébol blanco (*Trifolium repens*), ballico perenne (*Lolium perenne*), festuca alta (*Festuca arundinacea*) y pasto ovillo (*Dactylis glomerata*), Camacho

y García (2002) encontraron que la mayor altura de la planta se registró en verano (54 cm) y la más baja en invierno (33 cm); además observaron que la contribución de las especies al rendimiento de forraje varió con la estación del año: en primavera y verano las leguminosas aportaron 69 %, mientras que en otoño e invierno aportaron 61 %.

En praderas mixtas con más de dos especies, Sanderson *et al.* (2005) detectaron que en la época húmeda no hubo diferencias en producción de forraje entre asociaciones, con un promedio de 9800 kg de MS ha⁻¹, pero durante la época de estiaje las praderas con dos especies asociadas produjeron menor cantidad de forraje que las asociaciones con más de seis especies (4800 vs. 7600 kg de MS ha⁻¹).

Con la asociación de gramíneas y leguminosas se mejora la fertilidad del suelo respecto a los monocultivos. Esto se debe al mayor aporte de nitrógeno atmosférico, mayor intercepción de luz y distribución estacional de biomasa más homogénea (Zaragoza *et al.*, 2009). La ventaja de usar leguminosas es su mayor persistencia en condiciones de pastoreo (Quero *et al.*, 2007). No obstante, el uso de la asociación gramínea-leguminosa es restringido debido al menor crecimiento de cada especie, a la baja apetencia por los animales domésticos, a la renuencia y desconocimiento de los productores y a la escasa disponibilidad de semilla (Karsten y Carllassare, 2002).

En México los patrones de producción de forrajes están influenciados por variaciones del clima, por lo que es importante conocer los patrones estacionales de crecimiento de las especies forrajeras más utilizadas en cada región ecológica. En asociaciones de gramíneas y leguminosas es necesario conocer la mejor combinación, desde el punto de vista de rendimiento, distribución estacional y persistencia de la pradera.

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento anual y estacional, tasa de crecimiento, altura de planta y composición botánica de la asociación de trébol blanco, pasto ovillo y ballico perenne, mediante un modelo de análisis de mezclas que permite determinar la combinación óptima que maximiza el rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en una pradera mixta de trébol blanco, pasto ovillo y ballico perenne, establecida en Marzo del 2006 en Montecillo, Texcoco, Estado de México (19°31' LN y 98°53' LO). El suelo del sitio es franco arenoso, ligeramente alcalino (pH 7.8), con 2.4 % de materia orgánica y se clasifica como Typic ustipsaments (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 temperatura promedio mensual más baja es de 11.6 °C y ocurre en enero y la más alta en mayo con 18.4 °C (García, 1988).

Las gramíneas se sembraron en hileras separadas a 30 cm, y la leguminosa en forma perpendicular a las gramíneas, con hileras a 40 cm. Se utilizaron cinco proporciones (%) de trébol blanco, ovillo y ballico perenne: 40:30:30; 40:0:60; 40:60:0; 40:20:40 y 40:40:20, que se distribuyeron en 20 unidades experimentales de 13 x 8 m, distribuidas en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los bloques fueron orientados perpendicularmente a la pendiente del terreno. Las unidades experimentales no fueron fertilizadas, y en la época de estiaje se aplicaron riegos a capacidad de campo cada dos semanas. El experimento se inició en Marzo de 2007.

Al inicio del experimento las praderas fueron pastoreadas por ovinos (agregar raza y edad del rebaño) para uniformizarlas a 5 cm sobre el nivel del suelo. Posteriormente, la frecuencia de pastoreo fue cada cuatro semanas en primavera-verano y cada seis semanas en otoño-invierno, de acuerdo con las recomendaciones de Velasco *et al.* (2001, 2005), para pasto ovillo y ballico perenne en monocultivo. Para un mejor manejo de los ovinos, las praderas fueron delimitadas con cerco eléctrico.

Variables estudiadas

Rendimiento de forraje. El rendimiento de forraje de cada parcela se midió en dos cuadros fijos de 0.25 m² en los que se cortó el forraje con tijeras antes del pastoreo, a 5 cm de altura. Inmediatamente después, las parcelas fueron pastoreadas por ovinos hasta dejarlas a una altura de 5 cm, aproximadamente. El material cosechado se lavó y secó en una estufa de aire forzado a 55 °C por 48 h para alcanzar un peso constante. Con estos datos se calcularon los rendimientos estacional y anual para cada asociación.

Tasa de crecimiento del cultivo (TC). Con los datos de rendimiento de materia seca (MS) por corte se calculó la tasa de crecimiento para cada asociación, mediante la siguiente fórmula:

$$TC = FC/t$$

Dónde: FC = Forraje cosechado (kg MS ha⁻¹), y t = días transcurridos entre un corte y el siguiente.

Altura de planta. Se midió antes de cada pastoreo con una regla de 1 m de longitud y graduación mínima de 1 mm. Se eligieron aleatoriamente 20 puntos por parcela, y la regla se aproximó verticalmente hacia el tejido vegetal más alto, para registrar la altura de la primera especie

contactada (Hodgson *et al.*, 1999).

Composición botánica. A la mitad de cada estación, de las muestras cosechadas para medir el rendimiento de MS se tomó 20 % y las plantas se clasificaron por especie en estudio, material muerto, otros pastos y maleza. Las muestras se secaron a 55 °C por 48 h hasta peso constante, y luego se pesaron.

Análisis de mezclas. Se usó el modelo para un diseño de un experimento de mezclas con dos factores de estudio: $Y = b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_1X_2 + e$, sujeto a la restricción $X_1 + X_2 = 1$ donde X_1 representa la proporción de pasto ovillo y X_2 representa la proporción de ballico perenne, Y es el rendimiento de materia seca por hectárea, y e es el error aleatorio. Con el paquete estadístico MINITAB (2006) se estimaron las constantes b_1 , b_2 y b_3 y resultó la siguiente ecuación de regresión: *Rendimiento de MS (kg ha⁻¹)* = $11\,906X_1 + 14\,913X_2 + 12\,770X_1X_2$.

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

Análisis estadístico. Los valores de cada variable se organizaron de manera estacional y anual, y con ello se hicieron comparaciones de medias ($P \leq 0.05$) mediante el procedimiento PROC MIXED (SAS Institute, 2002). También se estimó la combinación que maximiza el rendimiento de materia seca (MINITAB, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de forraje

Cuadro 1. Rendimiento estacional y anual de forraje (kg MS ha⁻¹) de cinco asociaciones de gramíneas con una leguminosa.

Estación del año	Asociaciones (trébol blanco: ovillo: ballico perenne; %)					EEM	Sig.	Prom.
	40:30:30	40:0:60	40:60:0	40:20:40	40:40:20			
Primavera	4514 ABb	4813 ABa	3330 Bab	5137 Ab	4434 ABb	493	*	4446 b
Verano	5803 Aa	5464 Aa	4239 Ba	6096 Aa	5329 ABa	370	*	5386 a
Otoño	2319 Ac	1863 ABc	1336 Bc	2088 Ad	1725 ABd	237	*	1866 d
Invierno	4149 Ab	3347 ABb	2452 Cbc	3954 ABc	3498 ABc	404	*	3480 c
Promedio	4196 AB	3872 AB	2839 C	4318 A	3746 B	195	**	
EEM	271	296	34	242	206			174
Sig.	**	**	**	**	**			**
Rend. anual	16785 A	15487 A	11357 B	17275 A	14986 A	953	*	

Medias con letras mayúsculas iguales en cada hilera no son estadísticamente diferentes, y medias con letras minúsculas iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). EEM = error estándar de la media; Sig. = significancia; * = $P < 0.05$; ** = $P < 0.01$; Prom. = promedio.

Con excepción de la asociación 40:60:0 que registró el menor rendimiento anual de materia seca, no hubo diferencias entre tratamientos (Cuadro 1). El rendimiento anual de las asociaciones de trébol blanco, ovillo y ballico perenne mostró el siguiente orden descendente: 40:20:40 > 40:30:30 > 40:0:60 > 40:40:20 > 40:60:0. La asociación 40:20:40 superó en 52 % a la asociación 40:60:0 que fue la que obtuvo el valor más bajo ($P < 0.05$). Las asociaciones 40:20:40 y 40:30:30 que registraron los valores más altos de rendimiento de materia seca, tuvieron un aporte de 47 y 49 % para el trébol blanco, seguido del ballico perenne con 23 y 27 %, y del ovillo con 9 y 12 %.

Los resultados (Cuadro 1) a través de estaciones muestran que 65 % del rendimiento anual se presentó en primavera y verano, y 35 % en otoño e invierno; otoño fue la estación que presentó el menor valor, con 12 % ($P \leq 0.05$). En primavera y verano el mayor rendimiento lo mostró la asociación 40:20:40 con 30 y 35 % del rendimiento anual, y sólo fue estadísticamente superior a la asociación 40:60:0 ($P \leq 0.05$). Sin embargo, en otoño e invierno la asociación 40:30:30 fue la que registró el mayor rendimiento, aunque solamente superó ($P \leq 0.05$) a la asociación 40:60:0.

Independientemente de la asociación, el rendimiento de materia seca fue de 29, 35, 12 y 23 % para primavera, verano, otoño e invierno, respectivamente; los valores más altos se atribuyen a que en primavera-verano se registraron las condiciones ambientales más favorables, particularmente de temperatura, lo que permitió a las especies manifestar un elevado potencial productivo (Figura 1). Al respecto, se ha señalado que una mayor temperatura aumenta la tasa de aparición y expansión foliar que combinada con un nivel adecuado de humedad, hace que la pradera alcance rápidamente su índice de área foliar óptimo en primavera y verano, como consignaron Velasco *et al.* (2001, 2002) para

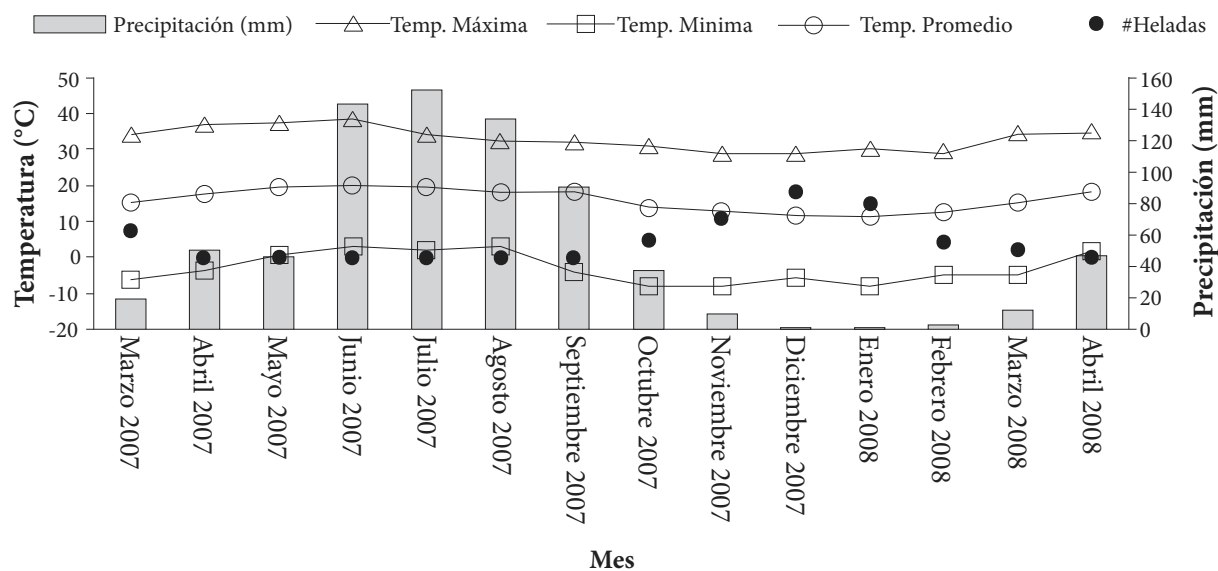


Figura 1. Datos de clima durante el periodo experimental. Fuente: Estación meteorológica del Colegio de Postgraduados en Montecillo, Texcoco, Estado de México.

pasto ovillo y ballico perenne, así como Clark *et al.* (1995) y Brock *et al.* (1989) para trébol blanco.

Al comparar la contribución de cada especie al rendimiento anual (Cuadro 2), en todas las asociaciones el trébol blanco aportó más de 50 % del rendimiento, que durante la época de primavera-verano subió a 65 % del rendimiento anual, mientras que en otoño aportó apenas 12 %. La asociación 40:20:40 con 10066 kg MS ha⁻¹ fue la que presentó el mayor rendimiento anual de trébol blanco, y que superó en 96 % a 40:60:0 ($P \leq 0.05$). Al respecto, Hodgson (1990) señaló que después de una defoliación el restablecimiento del rebrote del trébol blanco resulta del equilibrio entre la luz y la temperatura, y el número y tamaño de las hojas presentes. Es de suponer que el arreglo horizontal de los folíolos del trébol blanco ayuda a restablecer su área foliar más rápidamente que el ballico, pero conforme el intervalo de rebrote aumenta, esta ventaja favorece a las hojas erectas del ballico que sombrean a las del trébol blanco.

El pasto ovillo fue la especie que registró el menor rendimiento en las asociaciones, con un promedio anual de 2560 kg MS ha⁻¹ (Cuadro 2). En verano registró el mayor rendimiento con 40 % del total ($P \leq 0.05$). Las asociaciones 40:20:40 y 40:60:0, con 4420 y 1540 kg MS ha⁻¹, fueron las que presentaron el menor y mayor rendimiento de pasto ovillo ($P \leq 0.05$). La escasa contribución del ovillo al rendimiento anual pudo deberse a que cuando esta especie es sometida a una severa intensidad de pastoreo y queda con un mínimo de hojas remanentes, el rebrote es lento; por ello se recomienda dejar tres hojas por tallo, para asegurar

un rebrote vigoroso (Turner *et al.*, 2006).

La contribución del ballico perenne al rendimiento anual fue en promedio de 4670 kg MS ha⁻¹ y la asociación 40:0:60 fue la que presentó el mejor rendimiento con 6012 kg MS ha⁻¹, superior a la asociación 40:40:20 que tuvo el menor rendimiento de ballico con 4011 kg MS ha⁻¹ ($P \leq 0.05$). Durante el otoño se registró el menor rendimiento promedio de ballico perenne con 611 kg de MS ha⁻¹ ($P \leq 0.05$), pero sin diferencias entre las demás estaciones del año.

La mayor aportación del trébol blanco al rendimiento anual, particularmente en las épocas de primavera y verano, se atribuye a que la temperatura ambiental fue cercana a la óptima para el crecimiento de esta especie, que es de 24 °C (Brock y Tilbrook, 2000), mientras que para ballico perenne y ovillo las óptimas son de 18 a 21 °C, por lo que estuvieron en desventaja con el trébol blanco. En otoño se registró el menor rendimiento de las tres especies evaluadas, debido a que se presentaron las temperaturas mínimas más bajas (Figura 1). Es conocido que las bajas temperaturas, aun por periodos cortos, causan reducción del crecimiento de los pastos y de sus tasas de acumulación de forraje (Hernández *et al.*, 1997).

Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento (TC) estacional de las cinco asociaciones se presenta en el Cuadro 3. La asociación 40:60:0 con 32 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ presentó el menor promedio anual ($P \leq 0.05$), que fue 59, 53, 37 y 34 % inferior al de

Cuadro 2. Rendimiento de forraje estacional y anual (kg MS ha⁻¹) por especie deseable de cinco asociaciones de gramíneas con una leguminosa.

Estación del año	Asociaciones (trébol blanco: ovillo: ballico perenne; %)					EEM	Sig.	Prom.
	40:30:30	40:0:60	40:60:0	40:20:40	40:40:20			
Trébol blanco (kg MS ha ⁻¹)								
Primavera	2167 ABab	2529 ABa	1272 Bab	3451 Aa	2191 ABa	639	**	2322 a
Verano	2885 ABa	2692 ABa	1797 Ba	3289 Aa	2536 ABa	427	**	2640 a
Otoño	1214 Ab	884 ABb	534 Bb	1195 Ab	742 ABb	190	*	914 c
Invierno	2012 ab	1465 ab	1527 ab	2130 ab	1681 ab	439	NS	1763 b
Promedio	2070 ab	1892 b	1282 c	2116 a	1787 bc	219	**	
EEM	411	476	395	517	345			195
Sig.	**	**	*	**	**			**
Rend. anual	8278 AB	7570 ABC	5129 C	10066 A	7150 BC	984	*	
Pasto Ovillo (kg MS ha ⁻¹)								
Primavera	435 Bb	-	1533 Aa	354 Bab	697 Ba	151	**	755 b
Verano	924 Ba	-	1594 Aa	585 Ba	945 Ba	196	**	1012 a
Otoño	298 Bb	-	621 Ab	153 Bb	268 Bb	90	**	335 c
Invierno	430 ABb	-	671 Ab	448 ABa	278 Bb	93	**	457 c
Promedio	522 B	-	1105 A	385 C	547 B	69	**	
EEM	121		226	107	127			62
Sig.	**		**	**	**			**
Rend. anual	2086 B	-	4419 A	1541 B	2188 B	385	**	
Ballico perenne (kg MS ha ⁻¹)								
Primavera	1506 Aa	1852 Aa	-	864B ab	1040 ABab	368	*	1316 a
Verano	1240 ab	1825 a	-	1595 a	1230 a	266	NS	1472 a
Otoño	594 b	788 b	-	535 b	525 b	126	NS	611 b
Invierno	1296 a	1547 ab	-	1025 ab	1216 a	201	NS	1270 a
Promedio	1159 AB	1503 A	-	1005 B	1003 B	129	**	
EEM	244	326		331	199			116
Sig.	**	**		**	**			**
Rend. anual	4636 AB	6012 A	-	4018 B	4011 B	601.77	**	

Medias con letras mayúsculas iguales en cada hilera no son estadísticamente diferentes, y medias con letras minúsculas iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). EEM = error estándar de la media; Sig. = Significancia; * = $P < 0.05$; ** = $P < 0.01$; Prom. = promedio.

Cuadro 3. Tasa de crecimiento (kg MS ha⁻¹ d⁻¹) promedio estacional y anual de cinco asociaciones de gramíneas con una leguminosa.

Estación del año	Asociaciones (trébol blanco: ovillo: ballico perenne; %)					EEM	Sig.	Prom.
	40:30:30	40:0:60	40:60:0	40:20:40	40:40:20			
Primavera	54 ABa	57 Aab	40 Bab	61 Aab	53 ABab	6	*	50 b
Verano	69 Aa	65 Aa	50 Ba	73 Aa	63 Aa	4	**	63 a
Otoño	28 Ab	22 ABc	16 Bc	25 Ac	21 ABc	3	**	20 d
Invierno	49 Aa	40 ABb	29 Bbc	47 Ab	42 ABb	5	**	41 c
Promedio	51 A	43 A	32 B	49 A	44 A	3	**	
EEM	7	6	6	6	6			3
Sig.	**	**	**	**	**			**

Medias con letras mayúsculas iguales en cada hilera, no son estadísticamente diferentes. Medias con letras minúsculas iguales en cada columna, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). EEM = error estándar de la media; Sig. = Significancia; * = $P < 0.05$; ** = $P < 0.01$; Prom. = Promedio.

Cuadro 4. Tasa de crecimiento promedio estacional y anual (kg MS ha⁻¹ d⁻¹) por especie, en de cinco asociaciones de gramíneas con una leguminosa.

Estación del año	Asociaciones (trébol blanco: ovinillo: ballico perenne; %)					EEM	Sig.	Prom.
	40:30:30	40:0:60	40:60:0	40:20:40	40:40:20			
Trébol blanco (kg MS ha ⁻¹ d ⁻¹)								
Primavera	26 ABab	30 ABa	15 Bab	41 Aa	26 ABa	8	**	28 a
Verano	34 ABa	32 ABa	21 Ba	39 Aa	30 ABa	5	**	31 a
Otoño	15 Ab	11 ABb	6 Bb	14 Ab	9 ABb	2	**	11 c
Invierno	24 ab	17 ab	18 ab	25 ab	20 ab	4	NS	21 b
Promedio	25 AB	23 B	15 C	30 A	21 BC	3	**	
EEM	5	6	5	6	4			2
Sig.	**	**	**	**	**			**
Pasto Ovinillo (kg MS ha ⁻¹ d ⁻¹)								
Primavera	5 Bb	-	18 Aa	5 Bab	8 Ba	2	**	7 b
Verano	11 Ba	-	19 Aa	7 Ba	11 Ba	2	**	10 a
Otoño	4 Bb	-	7 Ab	2 Bb	3 Bb	1	**	3 c
Invierno	5 ABb	-	8 Ab	5 ABa	3 Bb	1	**	4 c
Promedio	6 B		13 A	5 B	7 B	1	**	
EEM	1		3	1	2			1
Sig.	**		**	**	**			**
Ballico perenne (kg MS ha ⁻¹ d ⁻¹)								
Primavera	18 a	22 a	-	10 ab	12 ab	4	NS	13 a
Verano	15 ab	22 a	-	19 a	15 a	3	NS	14 a
Otoño	7 b	9 b	-	6 b	6 b	2	NS	6 b
Invierno	15 ab	18 ab	-	12 ab	14 ab	2	NS	12 a
Promedio	14 AB	18 A		12 B	12 B	2	**	
EEM	3	4		4	2			1
Sig.	**	**		**	**			**

Medias con letras mayúsculas iguales en cada hilera no son estadísticamente diferentes y medias con letras minúsculas iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). EEM = error estándar de la media; Sig. = significancia; * = $P < 0.05$; ** = $P < 0.01$; NS = no significativo; Prom. = promedio.

las asociaciones 40:30:30, 40:20:40, 40:40:20 y 40:0:60, respectivamente, las cuales no fueron estadísticamente diferentes entre sí ($P \leq 0.05$). En general, la mayor TC estacional se observó durante el verano con 64 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ y superó en 21, 55 y 186 % a las de primavera, invierno y otoño, respectivamente. Durante el verano, la menor y mayor TC ocurrieron en las asociaciones 40:60:0 y 40:20:40 ($P \leq 0.05$), con 50 y 73 kg MS ha⁻¹ d⁻¹. En primavera, la asociación 40:20:40 superó en 7, 13, 15 y 53 % a las asociaciones 40:0:60, 40:30:30, 40:40:20 y 40:60:0, respectivamente, pero sólo esta última fue diferente ($P \leq 0.05$) a la primera. Estos resultados coinciden con los observados por Velasco *et al.* (2001, 2002) quienes en praderas puras de ovinillo y ballico perenne registraron las mayores TC durante el verano.

En el Cuadro 4 se presentan las TC estacional y promedio anual de cada especie. Para el trébol blanco la TC promedio

anual en la asociación 40:60:0 con 15 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ fue 98, 65, 53 y 42 % inferior que en las asociaciones 40:20:40, 40:30:30, 40:0:60 y 40:40:20, respectivamente. En la época de verano, la TC del trébol blanco mostró el valor más alto (31 kg MS ha⁻¹ d⁻¹), y superó en 13, 50 y 184 % a las de primavera, invierno y otoño, respectivamente ($P \leq 0.05$). La TC de la asociación 40:20:40 del verano superó en 86 ($P \leq 0.05$), 15, 22 y 50 % a las asociaciones 40:60:0, 40:30:30, 40:0:60 y 40:40:20. Las menores TC observadas en otoño estuvieron asociadas con el mayor número de heladas incidentes en la zona (Figura 1). Las mayores TC del trébol blanco en verano, fueron similares o superiores a las reportadas por Sevilla *et al.* (2001) en praderas puras de trébol blanco.

La mayor TC anual del pasto ovinillo (Cuadro 4) se registró en la asociación 40:60:0 con 13 kg MS ha⁻¹ d⁻¹, y superó en

Cuadro 5. Altura (cm) promedio anual y estacional de las plantas de cinco asociaciones de gramíneas con una leguminosa.

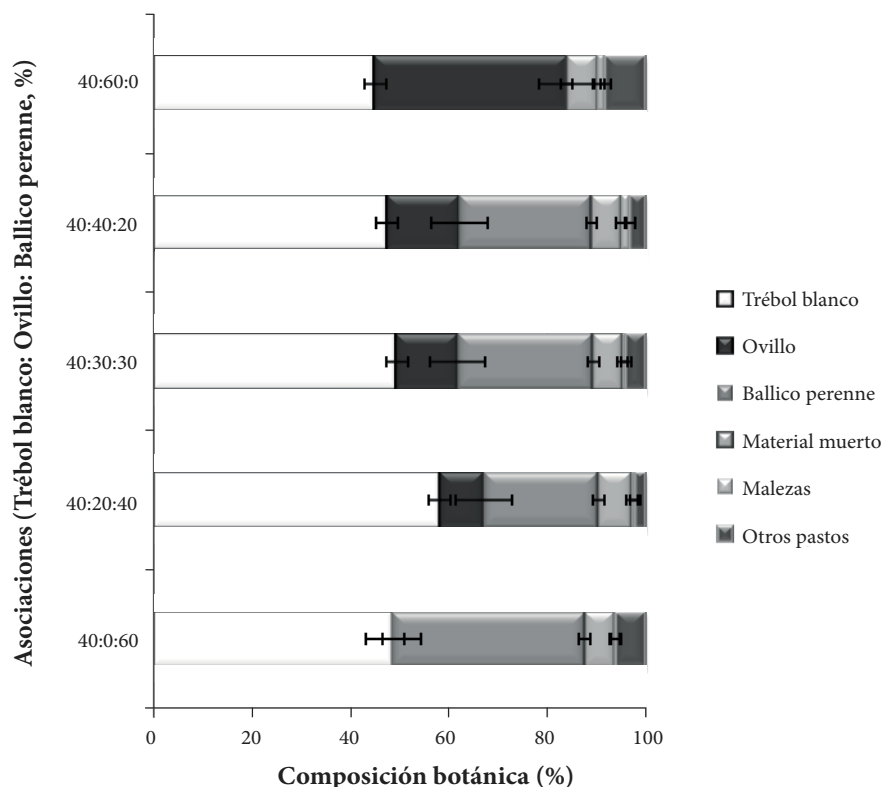
Estación del año	Asociaciones (trébol blanco: ovillo: ballico perenne; %)					EEM	Sig.	Prom.
	40:30:30	40:0:60	40:60:0	40:20:40	40:40:20			
Primavera	23 Ab	22 Ab	18 Bb	23 Ab	23 Ab	0.5	**	22 b
Verano	28 Aa	26 BCa	22 Da	25 Ca	27 ABa	0.4	**	26 a
Otoño	12 Ac	11 Ac	9 Bc	10 Bc	11 Ac	0.3	**	11 c
Invierno	12 Ac	12 ABc	8 Cd	11 Bc	11 Bc	0.4	**	11 c
Promedio	20 A	19 B	16 D	18 C	19 B	0.21	**	
EEM	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4			0.4
Sig.	**	**	**	**	**			**

Medias con letras mayúsculas iguales en cada hilera no son estadísticamente diferentes, y medias con letras minúsculas iguales en cada columna, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). EEM = error estándar de la media; Sig. = significancia; * = $P < 0.05$; ** = $P < 0.01$; Prom. = promedio.

108, 108 y 174 % a las asociaciones 40:40:20, 40:30:30 y 40:20:40 ($P \leq 0.05$). En verano la TC del pasto ovillo fue superior en 33, 129 y 200 % a las de primavera, invierno y otoño ($P \leq 0.05$). En ballico perenne la TC anual en la asociación 40:0:60 registró el valor más alto con 18 kg MS $\text{ha}^{-1} \text{d}^{-1}$, mayor en 29, 51 y 51 % que en las asociaciones 40:30:30, 40:20:40 y 40:40:20, respectivamente. No hubo diferencias entre asociaciones en las TC de ballico perenne dentro de cada estación ($P > 0.05$), excepto entre las asociaciones 40:0:60 y 40:40:20, que fueron las de mayor y menor TC, respectivamente. Con excepción del otoño que

mostró la menor TC (7 kg MS $\text{ha}^{-1} \text{d}^{-1}$), no hubo diferencias ($P > 0.05$) entre las demás estaciones del año.

Las TC del pasto ovillo y del ballico perenne aquí registradas son inferiores a las registradas en especies puras (Velasco *et al.*, 2001, 2002), lo cual se atribuye a la competencia intra e interespecifica que se da entre especies por luz, agua y nutrientes, lo que reduce la tasa de aparición y elongación foliar en pastos y trébol blanco, como señalaron Durand *et al.* (1999).

**Figura 2. Porcentaje promedio de las especies deseables de cinco asociaciones de gramíneas con una leguminosa.**

Altura de la pradera

La altura de la asociación 40:30:30 superó a las demás asociaciones ($P \leq 0.05$). En verano se registró la mayor altura (26 cm), que superó en 17, 142 y 137 % a las de primavera, otoño e invierno, respectivamente (Cuadro 5). En todas las épocas del año, la asociación 60:40:0 presentó las menores alturas. Lo contrario ocurrió con la asociación 40:30:30 que en todas las épocas superó a las demás asociaciones. Es decir, las alturas en las asociaciones estuvieron en relación directa con los rendimientos de materia seca. Según Castillo *et al.* (2009), la altura de la planta tiene relación positiva con la cantidad de forraje producido por la pradera, y el rendimiento de materia seca se puede estimar a partir de la altura medida antes del pastoreo. De acuerdo con Hodgson (1990), la altura de la pradera aunada a la densidad del forraje, determina la cantidad de forraje que se produce, mientras que la relación hoja:tallo y la diversidad entre especies determinan la calidad de la materia seca disponible.

Composición botánica

El trébol blanco contribuyó al rendimiento total de forraje con 50 %, el ballico perenne con 28 % y el pasto ovillo con 12 %; el restante 10 % lo integraron el material muerto, otros pastos y maleza (Figura 2). La contribución de cada especie al rendimiento de las asociaciones fue variable; el trébol blanco fue la especie que más contribuyó con valores que variaron de 58 a 42 % en las asociaciones 40:20:40 y 40:60:0, respectivamente, con una diferencia de 4900 kg MS ha⁻¹ (Cuadro 2). El ballico perenne en las asociaciones 40:0:60 y 40:20:40 contribuyó con 36 y 23 %, respectivamente (1990 kg MS ha⁻¹, de diferencia). El pasto ovillo registró una diferencia de 2880 kg MS ha⁻¹ entre las asociaciones 40:60:0 y 40:20:40.

La intensidad de pastoreo pudo ser el factor que permitió al trébol blanco ser la especie dominante durante todo el periodo experimental en las cinco asociaciones, probablemente porque su hábito de crecimiento estolonífero lo hace menos susceptible a perder meristemos de crecimiento durante el pastoreo, en comparación con las especies erectas como el ballico perenne y ovillo (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 que el ballico perenne y ovillo (Brock *et al.*, 1989). La asociación 40:20:40 fue la de mayor rendimiento de materia seca anual (Cuadro 1), donde el trébol aportó 58 %, seguido del ballico con 23 %, y del ovillo con 11 %. En las asociaciones de sólo dos especies (40:60:0 y 40:0:60) las aportaciones de material muerto, maleza y otros pastos, representaron más de 10 % de la composición botánica, mientras que en las asociaciones de tres especies tal

porcentaje fue menor a 10 (Figura 2).

Análisis de mezclas

Se fijó la proporción de trébol blanco en 40 % de acuerdo con las recomendaciones de White y Hodgson (1999), y se aplicó la siguiente ecuación de regresión: Rendimiento de MS (kg ha⁻¹) = 11906 (proporción de pasto ovillo) + 14913 (proporción de ballico perenne) + 12770 (proporción de pasto ovillo) x (proporción de ballico perenne), obtenida en el análisis de mezclas. Los resultados indican que para obtener la asociación que maximiza el rendimiento de materia seca se deben incluir las siguientes proporciones: 40 % de trébol blanco, 23 % de pasto ovillo y 37 % de ballico perenne.

CONCLUSIONES

La asociación 40:20:40 de trébol blanco-ovillo-ballico perenne presentó el mayor rendimiento anual y tasa de crecimiento promedio. Durante primavera-verano la asociación 40:20:40 de trébol blanco-ovillo-ballico perenne registró el mayor rendimiento de forraje y la mayor tasa de crecimiento, en tanto que en el otoño-invierno la asociación 40:30:30 observó el mayor rendimiento. El trébol blanco fue la especie dominante y contribuyó con 49 % al rendimiento anual. De acuerdo con el análisis de mezclas, la combinación óptima para obtener el mayor rendimiento de forraje debe estar integrada por 40 % de trébol blanco, 23 % de pasto ovillo y 37 % de ballico perenne.

BIBLIOGRAFÍA

- Brock J L, J C Tilbrook (2000) Effect of cultivar of white clover on plant morphology during the establishment of mixed pastures under sheep grazing. New Zeal. J. Agric. Res. 43:335-343.
- Brock J L, J R Caradus, M J M Hay (1989) Fifty years of white clover research in New Zealand. Proc. New Zeal. Grassland Assoc. 50:25-39.
- Camacho G J L, 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. Vet. México. 34:149-177.
- Castillo E G, B Valles M, J Jarillo R (2009) Relación entre materia seca presente y altura en gramas nativas del trópico mexicano. Téc. Pecu. Méx. 47:79-92.
- Clark H, P C D Newton, C C Bell, 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*) and white clover (*Trifolium repens*). J. Appl. Ecol. 32:128-136.
- Durand J L, R Schäufele, F Gastal (1999) Grass leaf elongation rate as a function of developmental stage and temperature: Morphological analysis and modeling. Ann. Bot. 83:577-588.
- García E (1988) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4a ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- Hernández G A, J Hodgson, C Matthew (1997) Effect of spring grazing management on perennial ryegrass/white clover pastures. 1. Tissue turnover and herbage accumulation. New Zeal. J. Agric.

Res. 40:25-35.

- Hodgson J (1990)** Grazing Management: Science into Practice. Longman Scientific and Technical. Harlow, England. 204 p.
- Hodgson J, P N P Matthews, C Matthew, R J Lucas (1999)** Pasture measurement. *In: New Zealand Pasture and Crop Science*. J White, J Hodgson (eds). Auckland, N. Z. Oxford University. pp:59-65.
- Karsten H D, M Carlassare (2002)** Describing the botanical compositions of a mixed species northeastern U. S. Pasture rotationally grazed by cattle. *Crop Sci.* 42:882-889.
- Lemaire G (2001)** Ecophysiology of grasslands: dynamics aspects of forage plant populations in grazed swards. *In: Proc. XIX International Grassland Congress*. Brazilian Society of Animal Husbandry, Sociedade Brasileira de Zootecnia (eds). São Pedro, São Paulo. Brazil. pp:29-37.
- Matthew C G, E N Val Loo, E R Tom, L A Dawson, D A Care (2001)** Understanding shoot and root development. *In: Proc. XIX International Grassland Congress*. Brazilian Society of Animal Husbandry, Sociedade Brasileira de Zootecnia (eds). São Pedro, São Paulo. Brazil. pp:19-27.
- McKenzie B A, P D Kemp, D J Moot, C Matthew, R J Lucas (1999)** Environmental effects on plant growth and development. *In: New Zealand Pasture and Crop Science*. J White, J Hodgson (eds). Auckland, N. Z. Oxford University. pp:29-44.
- MINITAB (2006)** Meet Minitab, Manual for the Basic Practice of Statistics. W H Freeman (ed). USA.
- Ortiz S C (1997)** Colección de Monolitos. Montecillo, Texcoco, Edo. México. México: Depto. Génesis de Suelos. Edafología, IRENAT. Colegio de Postgraduados. 17 p.
- Quero C A R, J F Enríquez Q, L Miranda J (2007)** Evaluación de especies forrajeras en América tropical, avances o *status quo*. *Interciencia* 32:566-571.
- Sanderson M A, K J Soder, L D Muller, K D Klement, R H Skinner, S C Goslee (2005)** Forage mixture productivity and botanical composition in pastures grazed by dairy cattle. *Agron. J.* 97:1465-1471.
- SAS Institute (2002)** SAS User's Guide: Statistics. 9th ed. Cary NC, USA. SAS Inst. Inc.
- Sevilla G A, A Pasinato, J M García (2001)** Curvas de crecimiento de forrajeras templadas irrigadas. *Arch. Latinoam. Animal Prod.* 9:91-98.
- Turner L R, D J Donaghy, P A Lane, R P Rawnsley (2006)** Effect of defoliation interval on water-soluble carbohydrate and nitrogen energy reserves, regrowth of leaves and roots, and tiller number of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) plants. *Aust. J. Agric. Res.* 57:243-249.
- 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.). *Téc. Pec. Méx.* 39:1-14.
- Velasco Z M E, A Hernández-Garay, H V A González, P J Pérez, H H Vaquera (2002)** Curvas estacionales de crecimiento del ballico perenne. *Rev. Fitotec. Mex.* 25:97-106.
- Velasco Z M E, A Hernández G, V A González H (2005)** Rendimiento y valor nutritivo de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. *Téc. Pec. Méx.* 43:274-258.
- White J, J Hodgson (1999)** Pasture establishment. *In: New Zealand Pasture and Crop Science*. J White, J Hodgson (eds). Auckland, N. Z. Oxford University. pp:104-106
- Zaragoza E J, A Hernández G, J Pérez P, J G Herrera H, F Osnaya G, P A Martínez H, S González M, A R Quero C (2009)** Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto ovillo. *Téc. Pec. Méx.* 47:173-188.