

EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO, CALIDAD Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE ASOCIACIONES Y MONOCULTIVOS EN CHAPINGO, MÉXICO.

YIELD, QUALITY AND BOTANICAL COMPOSITION OF ASSOCIATED AND MONOCULTURES FORAGE CROPS IN CHAPINGO, MEXICO

Luna G.M. J.¹, Ramírez J. M. A.¹, Alarcón Z. B.²

RESUMEN

Se evaluó rendimiento, calidad y composición botánica en monocultivo y asociaciones de las siguientes especies: alfalfa cv. Valenciana (*Medicago sativa L.*), ebo común (*Vicia sativa L.*), festulolium cv. Spring Green (*Festulolium cv. Spring Green*), avena cv. Chihuahua (*Avena sativa L.*), Canola cv. CEVAMEX (*Brassica napus L.*), ballico anual cv. Beef Builder y ballico anual cv. Gulf (*Lolium multiflorum L.*), en el CAE Tabla San Juan, UACH. El periodo fue del 23/12/2008-30/07/2009, realizando cuatro cortes con 100 d al primer corte e intervalos entre corte sucesivos de 42, 34, y 41 d. Las variables fueron biomasa total, rendimiento, composición botánica y morfológica, proteína, FDA y FDN, bajo un diseño de bloques aleatorizados, con 24 tratamientos y tres repeticiones, en arreglo de parcelas divididas para mediciones repetidas a través del tiempo, en parcelas de 12 m². Los resultados obtenidos de biomasa vegetal total y rendimiento acumulado mostraron el monocultivo de alfalfa con mayores rendimientos promedio por corte, así como la asociación ballico anual cv. Beef Builder con alfalfa seguida por la asociación avena más alfalfa. La menor biomasa y rendimiento fueron el monocultivo Festulolium, ebo, avena y las asociaciones avena-canola y avena-festulolium. El contenido de malezas se incrementó en los monocultivos de avena, ebo, canola y festulolium a través del tiempo. En asociaciones dobles o triples, obtuvieron mayor rendimiento cuando se combinan alfalfa o ballico anual con las asociaciones convencionales de ebo, avena o Festulolium, e incluso duplicando rendimientos de masa forrajera. Los resultados de composición botánica y

¹ Departamento de Enseñanza e Investigación en Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5, carretera Mexico – Texcoco, Chapingo, Estado de Mexico, C.P. 56230, México.

² Director de tesis. Profesor – Investigador del Departamento de Enseñanza e Investigación en Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo.

morfológica ($p < 0.05$), dan como resultado con mayor cantidad de hoja y tallo los monocultivos de ballico cv. Beef Builder, alfalfa y la asociación canola - ballico cv. Beef Builder.

Los resultados de proteína cruda entre los tratamientos muestra que la alfalfa en monocultivo supera a las demás especies con promedio por corte de 21.1% de PC y en asociación con ballicos alcanza un promedio de 20.1%, manteniendo un valor constante a través varios cortes. Las gramíneas obtuvieron valores desde 9.8% hasta 14.4% en monocultivo, pero asociados con leguminosas sus valores aumentan. La fracción de FDN y FDA ($p < 0.05$) entre tratamientos, con mayores contenidos en monocultivos de gramíneas que leguminosas.

Palabras clave: asociaciones forrajeras, monocultivos forrajeros, rendimiento, calidad.

SUMMARY

The objective was to evaluate yield, quality and botanical composition in pure and mixed stands of the following forage species: alfalfa cv Valenciana (*Medicago sativa* L.), common vetch (*Vicia sativa* L.), festulolium cv. Spring Green (*Festulolium* cv. *Spring Green*), oats cv. Chihuahua (*Avena sativa* L.), turnips cv. CEVAMEX (*Brassica napus* L.), annual ryegrass cv. Beef Builder (*Lolium multiflorum* L.) and cv. Gulf in the experimental lot of San Juan within the Experimental Field Station of UACH. Experiment lasted from December 23th 2008 to July 30th 2009, time in which four cuts were done, the first one at 100 d of seeding the following at 42, 34 and 41 d intervals, respectively. Variables were total biomass, forage yield, botanical and morphological composition, crude protein, acid and neutral detergent fibers, under a complete block randomized designs with 24 treatments and three replications, in a split-plot arrangement and repeated measurements. A 12 m² (4x3 m) plot was the experimental unit giving a total of 72 plots. Total biomass and accumulated forage yield were the highest in pure stand of alfalfa cv. Valenciana, followed by its association with annual ryegrass cv. Beef Builder and then by the association with oats cv. Chihuahua, with no difference among all them ($p > 0.01$). The lowest total biomass and forage yield were found in the pure stand of festulolium cv. Spring Green followed by common vetch, oats cv. Chihuahua and the associations of oats cv. Chihuahua with turnips cv. CEVAMEX and festulolium cv. Spring Green. Weed invasion was higher in pure

stands of oats, common vetch, turnips and festulolium compared to mixed stands. Within double and triple species mixtures, there was a higher forage yield when alfalfa cv. Valenciana or annual ryegrass cvs Beef Builder and Gulf were incorporated than in associations without them made of common vetch, oats cv. Chihuahua or festulolium, increments were up to or above 100%. Botanical and morphological compositions were different ($p < 0.05$) among treatments, in the first cut leaf yield was higher from pure stands of annual ryegrass cv. Beef Builder, alfalfa cv, Valenciana and turnips - annual ryegrass cv. Beef Builder mixture. The lowest leaf yields came from: oats cv. Chihuahua- alfalfa cv. Valenciana mixture. Stem yield same as leaf yield showed differences ($p < 0.05$) among treatments.

Crude protein yield was the highest in pure stand of alfalfa cv. Valenciana on the average by cut gave 21.1% CP mixed with annual ryegrass Beef Builder mean CP was 20.1%, alfalfa cv. Valenciana kept a high CP content across all cuts. Grasses in pure stands showed from 9.8 to 14.4% CP this content increased and was with lower variation when mixed with legumes. Neutral and acid fibers were different ($p < 0.05$) among treatments, fibers were higher in pure stands of grasses than legumes, and associations with legumes included showed lower concentration of fibers than associations without them.

INTRODUCCIÓN

Son componentes básicos de la alimentación de rumiantes las gramíneas y leguminosas forrajeras. Existen diversas alternativas forrajeras como es el establecimiento de praderas mixtas leguminosa - gramínea, estas con altos contenidos de proteína ó energía, que no han sido evaluadas bajo sistemas mixtos de producción en Valles Altos Centrales de México.

De la asociación leguminosa - gramínea se espera una interrelación equilibrada, representada como una estabilidad y persistencia en el rendimiento, incremento en la calidad nutritiva, y mejora en la producción animal (Dorantes, 1997; Sánchez, 2008; Galindo, 2009). Para que se dé una buena asociación deberán tenerse en cuenta factores como: a) utilizar plantas adaptadas a las condiciones climáticas y edáficas del terreno, b) seleccionar especies de leguminosas y gramíneas compatibles. Se debe tomar en cuenta que las especies que se van a asociar tengan hábitos de crecimiento y maduración similar, donde las especies que componen la pradera alcancen su mayor calidad y producción (Gutiérrez, 1996; Camacho, 2001).

Con el objeto de estimar la productividad en monocultivo y/o asociación, se evaluó el rendimiento y calidad nutritiva en el Campo Agrícola Experimental - Tabla San Juan, de especies forrajeras considerando alfalfa Valenciana (*Medicago sativa* L.), ebo común (*Vicia sativa* L.), festulolium cv. Spring Green (*Festulolium Spring Green*), avena cv. Chihuahua (*Avena sativa* L.), Canola cv. CEVAMEX (*Brassica napus* L.), ballico anual cv. Beef Builder (*Lolium multiflorum* L.) y ballico anual cv. Gulf (*Lolium multiflorum* L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el lote J-116 de la tabla agrícola San Juan del Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo; en Texcoco, Estado de Mexico. La tabla San Juan comprende una superficie de 126 ha. Se encuentra ubicado a los 19°29'51.72" latitud Norte y 98° 51'27.23" longitud Oeste; a una altitud de 2250 msnm (García, 1987). El clima de la región corresponde a un clima templado subhúmedo con lluvias en verano; una precipitación total anual de 636.5 mm y con época seca durante el invierno; presenta poca oscilación térmica (6°C); la temperatura media anual es 15.2°C siendo mayo el mes más caluroso (17.9°C) y enero el más frío (11.8°C); la formula climática correspondiente es: Cb(W₀)(w)b(i')g.

Se evaluaron 24 tratamientos en arreglo de parcelas divididas para mediciones repetidas a través del tiempo. El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones, la unidad experimental estuvo constituida de una parcela de 12 m² (4x3 m) de superficie, con un total de 72 parcelas. Para los tratamientos se utilizaron especies forrajeras tanto en monocultivo como en asociación, de los cuales cada tratamiento se describe a continuación:

1. Avena cv. Chihuahua (*Avena sativa* L.)
2. Ballico anual cv. Beef Builder (*Lolium multiflorum* L.)
3. Festulolium cv. Spring Green (*Festulolium Spring Green*)
4. Ballico anual cv. Gulf (*Lolium multiflorum* L.)
5. Ebo Común (*Vicia sativa* L.)
6. Canola cv. CEVAMEX (*Brassica napus* L.)
7. Alfalfa cv. Valenciana (*Medicago sativa* L.)
8. Avena cv. Chihuahua - ballico cv. Beef Builder
9. Avena cv. Chihuahua - festulolium cv. Spring Green
10. Avena cv. Chihuahua - ebo común

11. Avena cv. Chihuahua - canola cv. CEVAMEX
12. Avena cv. Chihuahua - alfalfa cv. Valenciana
13. Avena cv. Chihuahua - ballico cv. Beef Builder - ebo común
14. Avena cv. Chihuahua - ballico cv. Gulf - ebo común
15. Avena cv. Chihuahua - ballico cv. Beef Builder - canola cv. CEVAMEX
16. Ebo común - ballico cv. Beef Builder
17. Festulolium cv. Spring Green - ebo común
18. Canola cv. CEVAMEX - ballico cv. Beef Builder
19. Festulolium cv. Spring Green - canola cv. CEVAMEX
20. Ballico cv. Gulf - ebo común
21. Ballico cv. Gulf - canola cv. CEVAMEX
22. Ballico cv. Gulf - ballico cv. Beef Builder - ebo común
23. Ballico cv. Beef Builder - ballico cv. Gulf - canola cv. CEVAMEX
24. Ballico cv. Beef Builder - alfalfa cv. valenciana

Los suelos pertenecen a la familia franco arenoso, tienen una capacidad media de retención de humedad. Los valores de pH se encuentran en el intervalo de clasificación de medianamente ácido (6.1) a ligeramente alcalino (7.7). Los efectos de la salinidad sobre el suelo son nulos. El valor de materia orgánica del suelo es bajo (Contreras y Pérez, 1998). Presentan una profundidad de capa arable de 34 cm promedio. La siembra se realizó manualmente el 23/12/2008, tapando la semilla con rastrillo. La densidad de siembra utilizada fue variable, considerando previos ensayos realizados en 2007 y 2008, para determinar la competencia intra e interespecífica con base a la estabilidad de densidad poblacional y rendimiento, concluyendo que la densidad de siembra para las condiciones de suelo y clima del área experimental debería permanecer con base a monocultivo. En los riegos se utilizó un sistema por aspersión, con una aplicación de acuerdo a los requerimientos de capacidad de campo (CC) en fechas variables. El

periodo experimental fue del 23/12/2008 al 30/07/2009, en el cual se realizaron cuatro cortes con 100 d al primer corte e intervalos entre cortes sucesivos de 42, 34 y 41 d.

Las variables de respuesta que se midieron en cada corte se mencionan a continuación:

- Biomasa total en peso fresco (kg MF ha⁻¹),
- Biomasa total en peso seco ((kg MS ha⁻¹),
- Rendimiento de forraje en peso fresco (kg MF ha⁻¹),
- Rendimiento de forraje en peso seco (kg MS ha⁻¹),
- Rendimiento en peso fresco por especie vegetal y maleza (kg MF ha⁻¹),
- Rendimiento en peso seco por especie vegetal y maleza (kg MS ha⁻¹),
- Rendimiento por componente morfológico: hoja, tallo y material muerto en peso fresco (kg MF ha⁻¹),
- Rendimiento por componente morfológico: hoja, tallo y material muerto en peso seco (kg MS ha⁻¹),
- Relación hoja: tallo,
- Contenido de proteína cruda por tratamiento (%),
- Contenido de Fibra Detergente Neutro por tratamiento (FDN, %), y
- Contenido de Fibra Detergente Ácido por tratamiento (FDA, %).

La metodología empleada para estimar cada variable fue de la siguiente manera: en cada uno de los cuatro cortes, se segó el total de cada parcela con una segadora autopropulsada marca BCS Modelo 615X con cuchillas de 80 cm de ancho, a una altura aproximada de 5 cm; pesando el contenido de cada una de estas en una bascula digital Marca Ohaus (serie EB-15k) para estimar la acumulación de forraje en peso fresco. Una vez registrado el peso fresco se tomaron

dos muestras homogéneas de forraje de 200 a 600 g de cada parcela en bolsas de papel identificadas con el número de tratamiento, número de corte y fecha. De una muestra homogénea se separó el tallo y la hoja de cada especie forrajera de esa bolsa, y se registró el peso de cada componente morfológico (especie, tallo, hoja, material muerto y maleza) con una báscula digital marca Ohaus, serie EB.

La bolsas de la segunda muestra se colocaron en una estufa a una temperatura de 59°C durante 72 horas, al final de este periodo se pesó cada bolsa y con el peso fresco de la muestra y el respectivo peso seco se calculó el porcentaje de materia seca ($\% MS = (\text{peso seco} * 100 / \text{peso fresco})$) de cada muestra. Este porcentaje se utilizó para calcular el rendimiento de peso seco de cada componente morfológico y botánico en el forraje cosechado, así como el rendimiento producido de las 72 parcelas experimentales.

Después de calcular el rendimiento en peso seco cada muestra se molió con molino Willey en malla 1 mm, y el material obtenido se colocó en bolsas de plástico previamente identificadas con la fecha, el número de corte y el número de parcela. Las muestras molidas se emplearon para determinar el contenido de proteína total, FDN y FDA, en el Laboratorio de Genética Molecular del Departamento de Zootecnia, UACh.

El contenido de proteína total se realizó en base a la combustión a 960°C con un analizador de nitrógeno Perkin Elmer serie II modelo 2410. El procedimiento empleado fue pesar entre 49.5 - 50.5 mg de muestra en capsulas de papel estaño, y se colocaron en el inyector automático en forma de carrusel, y después de 5 minutos de combustión nos mostraba en la pantalla del analizador el valor de nitrógeno de esa muestra.

El análisis de componentes de fibra (FDN y FDA) se determinó con el equipo Ankom 2000, mediante dos etapas; en la primera se analizó el contenido de Fibra Detergente Neutro (FDN), la cual consistió en pesar 500 mg de muestra en duplicado de cada tratamiento que permaneciera al momento de la cosecha, y se colocó en bolsas filtro (F57, marca Ankom); adicionando la solución detergente neutro y dejando a punto de ebullición por una hora 15 minutos. Se hicieron 5 lavados con agua caliente de manera automática por el analizador de fibra, se colocaron las muestras en acetona por 10 minutos, dejándolas secar en una campana de flujo laminar por 20 minutos, y finalmente se secaron a 60°C hasta peso constante. El cálculo de FDN se ajustó con base a un blanco y al porcentaje de materia seca de cada muestra al momento de realizar el análisis (92 - 93%), de acuerdo a la fórmula siguiente: $FDN = [(W3 - (W1 * C1)] / W2$; donde W1 es el peso seco de la bolsa, W2 es el peso seco inicial de la muestra; W3 es el peso seco de la bolsa con muestra después del proceso de digestión; y C1 es el factor de corrección del blanco (peso seco después del proceso de digestión dividido entre el peso seco inicial de la bolsa vacía).

En la segunda fase se determinó el contenido de fibra detergente ácido (FDA), con las mismas muestras que se usaron para FDN, empleando la solución de detergente ácido. Al finalizar la digestión con FDA, las muestras se dejaron nuevamente en el horno a 60°C hasta peso constante, y se pesaron muestras y blancos para estimar el contenido de FDA, de acuerdo a la siguiente fórmula: $FDA = [(W3 - (W1 * C1)] / W2$; donde W1 es el peso seco de la bolsa; W2 es el peso seco inicial de la muestra; W3 es el peso seco de la bolsa con muestra después del proceso de digestión; y C1 es el factor de corrección del blanco (peso seco después del proceso de digestión dividido entre el peso seco inicial de la bolsa vacía).

Los análisis anteriores se ajustaron con base al contenido de materia seca al momento de realizar los análisis, encontrando un rango de 90.3 a 96% de materia seca; con un tiempo de secado en 4 h a 104°C.

El análisis estadístico se hizo para cada variable de respuesta, se realizó un análisis de varianza correspondiente a un diseño de parcelas divididas para mediciones repetidas a través del tiempo, además de comparación de medias por la prueba Tukey con un $\alpha=0.05$ y $\alpha=0.01$, para determinar las diferencias entre tratamientos, estos se aplicaron conforme a los procedimientos descritos por Steel y Torrie (1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Biomasa total y rendimiento forraje total

Los resultados experimentales obtenidos de biomasa vegetal total y rendimiento acumulado de forraje mostraron el monocultivo de alfalfa cv. Valenciana con mayores rendimientos promedio por corte, así como la asociación ballico anual cv. Beef Builder con alfalfa seguida por la asociación avena cv. Chihuahua más alfalfa, sin diferencias estadísticas entre ellas ($p>0.01$). En cambio, la menor biomasa y rendimiento fueron para el monocultivo Festulolium cv. Spring Green seguido de ebo común, avena cv. Chihuahua y de las asociaciones Avena cv. Chihuahua más canola cv. CEVAMEX y de avena cv. Chihuahua más festulolium cv. Spring Green. El contenido de malezas se incrementó en los monocultivos de avena, ebo, canola y festulolium, en comparación con sus asociaciones. Dentro de asociaciones dobles o triples, se encontró un mayor rendimiento al combinar alfalfa cv. Valenciana o ballico anual cvs. Beef

Builder y Gulf, con las asociaciones convencionales como son ebo común, avena cv. Chihuahua o Festulolium, estos incrementando los rendimientos de forrajes que superan el 100% (Cuadro 1).

Los resultados indican que la alfalfa cv. Valenciana como monocultivo obtuvo una biomasa total promedio en cuatro cortes de 19,384 kg MF ha⁻¹ (5141 kg MS ha⁻¹), seguido por la asociación ballico anual cv. Beef Builder con alfalfa cv. Valenciana en 18,382 kg MF ha⁻¹ y la asociación avena cv. Chihuahua más alfalfa cv. Valenciana con 15,492 kg MF ha⁻¹, sin diferencias estadísticas entre ellas ($p > 0.01$). Finalmente, los cultivos forrajeros que presentaron la biomasa total en materia seca más baja fueron Festulolium cv. Spring Green en monocultivo con 1,558 kg MS ha⁻¹, ebo común con 1,835 kg MS ha⁻¹, avena cv. Chihuahua con 2,260 kg MS ha⁻¹, así como las asociaciones de avena cv. Chihuahua más canola cv. CEVAMEX y de avena cv. Chihuahua más Festulolium cv. Spring Green, con 2,046 y 2,119 kg MS ha⁻¹, respectivamente.

En relación a los resultados obtenidos del rendimiento acumulado a través de cuatro cortes, los tratamientos con alfalfa (monocultivo y asociados con ballico cv. Beef Builder y avena) presentaron los mayores rendimiento de forraje acumulado, con 20,000, 18,738 y 16,258 kg MS ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 1). Esto indica que la alfalfa es un excelente forraje para establecerse en las condiciones actuales de la Tabla San Juan del Campo Agrícola Experimental de la UACH, y todos los tipos de suelo similares al presente en dicha localidad, ya sea en condiciones de monocultivo o asociación con ballico anual cv. Beef Builder.

El rendimiento acumulado en cuatro cortes para el caso de las asociaciones indicaron que asociaciones de cultivos convencionales como ebo común, avena cv. Chihuahua o festulolium, con las variedades de ballico anual, alfalfa o entre ellas mismas, llegan a incrementar el rendimiento de forraje hasta en un 185% para avena, 67% para ebo común, 86% para canola cv.

CEVAMEX, y 51% en festulolium cv. Spring Green, cuando es la asociación doble. En el caso de asociaciones triples, avena cv. Chihuahua incrementa hasta un 248% en el rendimiento acumulado en cuatro cortes; 133% en ebo común; y 114% en canola; indicando que para estos cultivos la ventaja aditiva de emplear asociaciones triples es relacionado al mayor número de cortes, mayor competitividad, y estabilidad del rendimiento en el tercer y cuarto corte (Cuadro 1).

Cuadro 1. Biomasa total, masa de forraje y biomasa de maleza en peso fresco (kg MF ha⁻¹) y peso seco (kg MS ha⁻¹) promedio por corte para cada tratamiento.

Tratamiento	BIOMASA		MASA DE FORRAJE		MALEZA	
	kg MF ha ⁻¹	kg MS ha ⁻¹	kg MF ha ⁻¹	kg MS ha ⁻¹	kg MF ha ⁻¹	kg MS ha ⁻¹
1 Avena cv. Chihuahua	8963 dc	2260 bc	3376 g	1034 ef	6415	1480
4 Ballico Beef Builder	8965 dc	2397 bc	8050 cdef	2150 dce	915	247
3 Festulolium Casa Cobos	5943 d	1558 c	4664 efg	1203 def	1279	355
4 Ballico Gulf	9864 dc	2697 bc	8988 cdef	2417 dce	876	281
5 Ebo Común	8106 dc	2234 bc	5415 efg	1584 ef	4045	1046
6 Canola cv. CEVAMEX	8739 dc	1835 bc	5229 fg	1138 def	3510	698
7 Alfalfa Valenciana	19384 a	5141 a	18911 a	5000 a	473	141
8 Avena x Ballico BB	9529 dc	2549 bc	9225 cde	2474 dc	406	100
9 Avena x Festulolium	8342 dc	2119 bc	6183 cdefg	1597 dcef	2159	522
10 Avena x Ebo Común	9742 dc	2192 bc	5140 defg	1234 def	6210	1312
11 Avena x Canola	8751 dc	2046 bc	6921 cdefg	1680 dcef	2439	488
12 Avena x Alfalfa	15492 ab	4144 a	15223 ab	4064 ab	270	106
13 Avena x Ballico BB x Ebo Común	11341 bc	2953 b	10834 bc	2799 bc	675	206
14 Avena x Ballico Gulf x Ebo Común	11263 bc	2933 b	10914 bc	2837 bc	466	128
15 Avena x Ballico BB x Canola	10228 dc	2662 bc	9256 cde	2446 dc	1296	288
16 Ballico BB x Ebo Común	9228 dc	2513 bc	8529 cdef	2316 dce	699	197
17 Festulolium x Ebo Común	9166 dc	2300 bc	8215 cdef	2095 dce	1267	273
18 Ballico BB x Canola	9731 dc	2656 bc	9175 cd	2517 dc	557	139
19 Festulolium x Canola	9119 dc	2667 bc	5886 cdefg	1748 dcef	4311	1225
20 Ballico Gulf x Ebo Común	9285 dc	2436 bc	8902 cdef	2311 dce	383	125
21 Ballico Gulf x Canola	10841 c	2562 bc	10656 cd	2518 bc	247	58
22 Ballico Gulf x Ballico BB x Ebo	9561 dc	2686 bc	9476 c	2664 dc	171	44
23 Ballico BB x Ballico Gulf x Canola	10180 dc	2548 bc	9656 cde	2416 dc	699	176
24 Ballico BB x alfalfa	18382 a	4709 a	18298 a	4684 a	336	97
Media	10422.70	2699.87	2371.9	9046.8		
ES	824.1	225.3	855.9	221.4		
DMS (0.05)	938.7	628.8	1256.7	567.5		
Pr F	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001		

¹ES=Error estándar de la media; DMS=Diferencia mínima significativa (alfa=0.05). Medias con la mismo literal minúscula en la columna no difieren (Tukey, =0.05).

Estos datos concuerdan con lo reportado por Sánchez (2008) en Almoloya de Juárez, Méx., quien evaluó avena, ballico anual y ebo común, en monocultivo y asociación, obteniendo que la más baja producción de forraje en rendimiento acumulado a través de tres cortes, se registró con ebo común (2,673 kg MS ha⁻¹) y avena (5,219 kg MS ha⁻¹) ambos en cultivo monófito y la máxima cantidad de forraje la obtuvo la asociación avena - ballico cv. tetraploide (9,148 kg MS ha⁻¹). Al realizar el mismo experimento, Galindo (2009) en Tecamac, Estado de Mexico, demostró que la máxima cantidad de forraje cosechable en 3 cortes lo tuvo también la asociación avena - ballico cv. tetraploide (13,817 kg MS ha⁻¹), mientras que la mínima producción se encontró en ebo común (4,722 kg MS ha⁻¹) y avena (6,573 kg MS ha⁻¹).

Porcentaje de proteína cruda

Los resultados obtenidos con respecto al porcentaje de proteína cruda entre los tratamientos evaluados muestran que la alfalfa cv. Valenciana en monocultivo supera a las demás especies evaluadas con promedio por corte de 21.1% y en asociación con ballicos Beef Builder alcanza un promedio de 20.1%, indicando que la alfalfa mantiene un valor de proteína cruda constante a través de varios cortes. Las gramíneas obtuvieron valores desde 9.8% hasta 14.4% en monocultivo, pero asociados con leguminosas sus valores aumentan y se mantienen constantes a través de cortes sucesivos (Cuadro 2). En general estos datos concuerdan con lo mencionado por Jiménez y Avendaño (1988), García y Meza (1990) y Camacho (2001), quienes señalan que en la inclusión de leguminosas con gramíneas, mejoran el contenido de PC de la asociación.

Los tratamientos no determinados (ND) no se incluyeron en el análisis, debido a que el contenido de maleza superó la fracción de masa de forraje del cultivo forrajero en monocultivo o asociación.

Cuadro 2. Porcentaje de proteína cruda para cada tratamiento en el corte dos, tres y cuatro.

	Tratamiento	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Promedio/corte
1	Avena cv. Chihuahua	ND	ND	ND	ND
2	Ballico cv. Beef Builder	12.2 ef	14.6 bc	12.5 bc	13.1 bc
3	Festulolium cv. Spring Green	14.4 bcdef	14.7 bc	ND	14.6
4	Ballico cv. Gulf	9.8 f	14.3 bc	ND	12.1
5	Ebo Común	18.4 abcd	ND	ND	18.4
6	Canola cv. CEVAMEX	16.1 abcde	ND	ND	16.1
7	Alfalfa Valenciana	21.1 a	21.8 a	20.2 a	21.1 a
8	Avena x Ballico BB	13.1ef	13.4 c	11.8 bc	12.7 bc
9	Avena x Festulolium	ND	ND	ND	ND
10	Avena x Ebo Común	19.5 ab	ND	ND	19.5
11	Avena x Canola	14.7 bcdef	15.3 bc	ND	15.0
12	Avena x Alfalfa	21.1 a	20.3 a	18.2 a	19.9 a
13	Avena x Ballico BB x Ebo Común	12.9 ef	14.5 bc	12.5 bc	13.3 bc
14	Avena x Ballico Gulf x Ebo Común	13.6 def	15.1 bc	12.4 bc	13.7 bc
15	Avena x Ballico BB x Canola	13.0 ef	14.0 bc	10.8 bc	12.6 bc
16	Ballico BB x Ebo Común	16.5 abcde	14.6 bc	12.3 bc	14.4 bc
17	Festulolium x Ebo Común	19.2 abc	17.1 b	10.9 bc	15.7 bc
18	Ballico BB x Canola	13.9 cdef	14.3 bc	11.3 bc	13.2 bc
19	Festulolium x Canola	ND	ND	ND	ND
20	Ballico Gulf x Ebo Común	17.1 abcde	15.0 bc	13.5 b	15.2 b
21	Ballico Gulf x Canola	12.8 ef	13.6 c	12.2 bc	12.9 bc
22	Ballico Gulf x Ballico BB x Ebo Común	13.4 def	14.1 bc	11.9 bc	13.1 bc
23	Ballico BB x Ballico Gulf x Canola	12.9 ef	13.4 c	11.9 bc	12.7 bc
24	Ballico BB x alfalfa	20.4 a	20.8 a	19.0 a	20.1 a
	Media	15.5	15.5	13.4	15.2
	ES	0.86	0.50	0.43	0.36
	DMS (0.05)	2.45	1.50	1.21	1.04
	Pr	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

[†]ES=Error estándar de la media; DMS=Diferencia mínima significativa; (alfa=0.05).

Medias con la misma literal minúscula en la columna no difieren (Tukey, $\alpha=0.01$)

Porcentaje de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido

La fracción de Fibra Detergente Neutro y Fibra Detergente Ácida, fueron diferentes ($p<0.05$) entre tratamientos en promedio por corte, los mayores contenidos ya sea de FDN Y

FDA los presentaron en monocultivo las gramíneas que leguminosas, y la inclusión alfalfa ó ebo a las gramíneas FDN y FDA fueron menores con respecto a su monocultivo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentaje de FDN y FDA para cada tratamiento en el corte dos, tres y cuatro.

Tratamiento	Corte 2		Corte 3		Corte 4		Promedio/corte	
	FDA	FDN	FDA	FDN	FDA	FDN	FDA	FDN
1 Avena cv. Chihuahua	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2 Ballico Beef Builder	28.2 a	52.2 a	32.6 abcd	57.3 abc	30.8 a	55.1 a	30.5 a	54.9 a
3 Festulolium Casa Cobos	26.5 abcd	45.0 bcdef	31.0 de	50.8 d	ND	ND	28.7 a	47.9 a
4 Ballico Gulf	28.3 a	51.0 a	33.6 ab	55.2 c	ND	ND	31.0 a	53.1 a
5 Ebo Común	25.7 abcd	43.0 bcdef	ND	ND	ND	ND	25.7 b	43.0 a
6 Canola cv. CEVAMEX	20.8 e	32.4g	ND	ND	ND	ND	20.8 c	32.4b
7 Alfalfa Valenciana	25.0 bcd	39.8 efg	29.6 ef	43.9 e	27.5 a	42.8 a	27.3 a	42.1 a
8 Avena x Ballico BB	27.4 ab	50.4 ab	33.8 ab	59.6 a	31.3 a	56.9 a	30.8 a	55.6 a
9 Avena x Festulolium	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
10 Avena x Ebo Común	25.1 bcd	43.1 bcdef	ND	ND	ND	ND	25.1 b	43.1 a
11 Avena x Canola	24.4 bcd	42.5 def	25.5 g	42.3 e	ND	ND	25.0 b	42.4 a
12 Avena x Alfalfa	23.8 d	38.7 fg	29.8 ef	42.4 e	29.7 a	47.3 a	27.8 a	42.8 a
13 Avena x Ballico BB x Ebo Común	26.2 abcd	47.2 abcde	32.1 bcd	56.4 bc	30.7 a	54.1 a	29.7 a	52.6 a
14 Avena x Ballico Gulf x Ebo Común	28.0 a	49.7 abcd	33.0 abc	57.8 abc	31.9 a	55.6 a	31.0 a	54.3 a
15 Avena x Ballico BB x Canola	26.4 abcd	48.7 abcd	34.3 a	58.7 ab	31.6 a	54.5 a	30.8 a	54.0 a
16 Ballico BB x Ebo Común	26.4 abcd	50.0 abcd	32.6 abcd	57.1 abc	30.4 a	53.9 a	29.8 a	53.7 a
17 Festulolium x Ebo Común	26.4 abcd	46.6 abcde	31.2 cde	52.4 d	29.7 a	51.3 a	29.1 a	50.1 a
18 Ballico BB x Canola	27.0 abc	50.2 abc	32.8 abcd	58.1 ab	30.6 a	54.6 a	30.1 a	54.3 a
19 Festulolium x Canola	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
20 Ballico Gulf x Ebo Común	25.7 abcd	47.2 abcde	33.3 ab	56.0 bc	31.2 a	53.0 a	30.1 a	52.1 a
21 Ballico Gulf x Canola	26.4 abcd	47.9 abcd	33.3 ab	57.7 abc	30.5 a	52.1 a	30.0 a	52.5 a
22 Ballico Gulf x Ballico BB x Ebo	27.6 ab	51.4 a	33.0 abc	57.7 abc	31.1 a	55.0 a	30.6 a	54.7 a
23 Ballico BB x Ballico Gulf x Canola	27.1 abc	50.1 abc	33.3 ab	58.5 ab	21.2 a	55.8 a	27.2 a	54.8 a
24 Ballico BB x alfalfa	25.0 bcd	42.8 cdef	28.5 f	39.3 ef	26.5 a	40.9 a	26.7 a	41.0 a
Media	26.05	46.19	31.85	52.81	29.64	55.19	28.46	49.11
ES	0.45	1.23	0.32	0.44	2.06	2.57	0.72	0.96
DMS (0.05)	1.32	3.45	0.94	1.25	6.21	7.36	2.14	2.99
Pr>F	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

Medias con la misma literal minúscula en la columna no difieren (Tukey, =0.01).

Núñez *et al* (2000) realizando un experimento con el fin de comparar la calidad de diferentes forrajes de clima templado (alfalfa, ensilado de maíz, heno de avena, ensilado de sorgo, ballico perene y ballico anual), concluyeron que el pasto ballico anual supera en

rendimiento y calidad a todos los forrajes que utilizó obteniendo para este cultivo 20.6% proteína, 51.3% FDN y 28.7% FDA, similar a lo que encontramos en este trabajo para el segundo corte.

Composición botánica y morfológica

Con base al rendimiento total de forraje en monocultivo y/o asociaciones dobles ó triples, el conocimiento de la contribución por especie y de componentes morfológicos (hoja, tallo e inflorescencia), brinda suficiente información para entender el dinamismo de crecimiento a través de los cortes entre especies, así como la interacción y competencia intra e interespecífica. Conjuntamente, es importante conocer la composición botánica y morfológica, para determinar estrategias de manejo de cosecha y conservación.

Con relación a los datos encontrados en este experimento se presenta el corte uno, siendo el más representativo de este trabajo, el rendimiento en el primer corte de peso seco de hoja se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos, donde el máximo rendimiento de hoja lo obtuvo el monocultivo de Ballico cv. Beef Builder con $1,486 \text{ kg MS ha}^{-1}$, seguido por el cultivo de canola con $1,309 \text{ kg MS ha}^{-1}$, asociado con ballico anual cv. Beef Builder; y también la alfalfa cv. Valenciana en monocultivo tuvo un rendimiento de hoja de $1,217 \text{ kg MS ha}^{-1}$. El menor rendimiento de hoja lo obtuvo avena cv. Chihuahua con 61 kg MS ha^{-1} asociado con alfalfa cv. Valenciana, seguido de canola cv. CEVAMEX con $120 \text{ kg MS ha}^{-1}$ para ambos tratamientos; así mismo ballico anual cv. Gulf con $110 \text{ kg MS ha}^{-1}$ dentro de la asociación triple de ballico cv. Beef Builder - ballico cv. Gulf - canola cv. CEVAMEX.

Para la variable del rendimiento de tallo en el primer corte, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos, siendo el mayor rendimiento de tallo con el cultivo de

canola (1,562 kg MS ha⁻¹) en la asociación con festulolium cv. Spring Green; seguido por el cultivo de avena (1,409 kg ha⁻¹) en la asociación avena – ballico BB. Cabe mencionar el rendimiento de tallo en avena cv. Chihuahua, siempre fue superior que la proporción de hoja, ya sea en asociación o monocultivo, lo mismo que canola cv. CEVAMEX, lo que indica que ambos cultivos presentan una alta proporción de tallo. Caso contrario al encontrado en los cultivares de alfalfa cv. Valenciana, Ballico cv. Beef Builder, y ebo común, donde en condiciones de monocultivo o asociación, presentó una mayor proporción de hoja que tallo. El cultivo Festulolium cv. Spring Green tuvo un alto efecto de asociación, asumido por competencia interespecífica, donde el monocultivo tuvo un 54.7% de tallo, pero en las asociaciones presentó un 34.2%, lo que indica que la competencia favorece la acumulación de hoja en festulolium.

La producción de alfalfa está asociada de manera positiva con el área foliar de la planta y las hojas contribuyen en un 50 y 60% de la producción total. Díaz (1999) menciona que cuando se reduce la severidad de defoliación y aumenta su frecuencia, las especies de porte alto dominan en la pradera debido a su mayor cobertura, causando efectos negativos al crecimiento de los estratos vegetales inferiores, lo cual puede limitar el desarrollo de las especies de porte bajo. En una asociación gramínea - leguminosa afirma que en los primeros cortes la producción favorece a las leguminosas en relación a la composición botánica pero esto cambia en los cortes sucesivos. Encontró que la alfalfa fue una de las especies más agresivas en asociación.

CONCLUSIONES

Los cultivos forrajeros que presentaron baja producción fue el ebo común, avena cv. Chihuahua y canola cv. CEVAMEX, todos ellos en condiciones de monocultivo. Se encontró que

ballico anual cv. Gulf, ballico anual cv. Beef Builder y alfalfa cv. Valenciana fueron los cultivos con mejores producciones y más persistentes como cultivo monófito y sus asociaciones (doble y triple), para los cuatro cortes. Para las condiciones particulares de la Tabla San Juan del Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, el cultivo con mayor producción y estable en tiempo fue la alfalfa. En una asociación doble o triple, avena en un primer corte contribuye hasta en un 70% del rendimiento total, pero para los cortes siguientes esta producción decae de manera abrupta; caso contrario ocurre para ebo común y canola cv. CEVAMEX, los cuales su mayor producción la aportaron durante el corte dos y se redujo en los cortes sucesivos. Las asociaciones de festulolium cv. Spring Green con canola, avena y ebo, no fueron tan sobresalientes en su rendimiento debido a su menor recuperación y crecimiento en comparación a los tratamientos que asociaron ballico o alfalfa. En general, los tratamientos en asociación doble ó triple incrementaron su producción en comparación a los cultivos forrajeros en monocultivo.

Festulolium cv. Spring Green se utilizó en esta investigación en tres tratamientos, festulolium en monocultivo, asociado con canola y asociado con ebo común. Esta es una gramínea que su uso no se ha difundido mucho en Valles Centrales de México, y de esta especie concluimos que para el primer, segundo y cuarto corte su producción no es tan sobresaliente pero para el corte tres llegó a ser similar como ballico anual, asumiendo una especie de alta respuesta a variaciones ambientales. Esta especie al asociarse con canola y ebo común mejoró ligeramente su producción en comparación a su rendimiento en monocultivo.

El uso en monocultivo o asociación de ballico anual (*Lolium multiflorum L.*) y alfalfa (*Medicago sativa L.*), presentaron un mayor rendimiento de hoja y tallo que los cultivares de

avena, ebo común y canola, lo que indica que dichas asociaciones con ballico anual o alfalfa permitan una mayor capacidad de rebrote y también mayor acumulación de forraje.

Los valores del análisis del forraje obtenido para proteína, FDN y FDA se pueden usar para predecir la calidad de las praderas. En lo que se refiere al contenido de proteína cruda las leguminosas presentaron los valores más altos, en especial alfalfa cv. Valencia. Mientras que las gramíneas presentaron menores valores porcentuales. Al asociar gramíneas - leguminosas el contenido de proteína se incrementó, en relación a su monocultivo.

Las especies forrajeras que conformaron a los tratamientos de esta investigación presentaron un buen comportamiento productivo y adaptativo a las condiciones de esta región, aunque algunos tratamientos presentan bajos rendimientos, pero en cuestión de calidad o valor nutritivo aportan los valores necesarios para cubrir los requerimientos de los rumiantes. El establecimiento de alguno de estos tratamientos en un sistema de producción va a depender de las condiciones sociales y económicas de los productores así como de los objetivos de la unidad de producción.

LITERATURA CITADA

Cadena L. J y I. Mendoza P. S. 2001. Evaluación de tres variedades de ballico anual (*Lolium multiflorum*) en un sistema de producción de leche en pastoreo en Chapingo, Mexico. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. UACh. Chapingo, México. 61 p.

Camacho G. J. 2001. Producción y calidad de forraje de cuatro variedades de alfalfa asociadas con trébol blanco, ballico, festuca alta y ovilla. Tesis Maestro en Ciencias en Producción Animal. Departamento de Zootecnia Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 230 p.

Díaz G, D y L Hernández P. 1999. Comportamiento productivo de siete variedades de alfalfa (*Medicago sativa L.*) asociada con pasto ovinillo (*Dactylis glomerata Var. Potomac*) en Chapingo, México. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 61p.

Dorantes J. J. 1997. Evaluación de la inclusión de diferentes leguminosas en la asociación avena - ballico bajo pastoreo en invierno en Chapingo, México. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 73 p.

Galindo V. J. A. 2009. Evaluación de componentes morfológicos de avena, ballico anual y veza de invierno en monocultivo y asociación para invierno, en Tecamac, México. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 76 p.

García B. N y J. Meza O. 1990. Estudio de la asociación avena (*Avena sativa L.*) veza común (*Vicia sativa*), como alternativa para producir forraje en invierno. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 58p.

Gutiérrez O.M.A. 1996. Pastos y Forrajes en Guatemala, su Manejo y Utilización, Base de la Producción Animal. Universidad de San Carlos de Guatemala, Editorial E y G, 186 p.

Núñez H. G., J. Espinoza C., H. Salinas G., J. M. Gutiérrez C., G. Medina G. y R. Dovel. 2000. Guía de manejo de praderas de gramíneas de clima templado en México. Oregon Seed Council. INIFAP, México. 33 p.

Sánchez B. A. 2008. Evaluación de componentes morfológicos y rendimiento de avena, ballico anual y ebo invernal en monocultivo y asociación para invierno en Almoloya de Juárez, Edo. De Mexico. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 63 p.

Steel, R. G y D, J. H. Torrie. 1985. Bioestadística: Principios y Procedimientos. R. Martínez B (trad). Segunda (ed). Mc Graw Hill. Bogotá, Colombia. Pp: 368-386.