

## PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL FORRAJE DE ALFALFA CON GRAMÍNEAS MEGATÉRMICAS EN EL AÑO DE IMPLANTACIÓN

### FORAGE PRODUCTION AND QUALITY OF WARM SEASON GRASSES ASSOCIATED WITH ALFALFA IN THE SEMIARID PAMPAS IN THE IMPLANTATION YEAR

Fontana L.M.C.<sup>1\*</sup>, M.A. Ruiz<sup>1,2</sup>, G. Blain<sup>1</sup>, F.J. Babinec<sup>1,3</sup> & N.A. Romero<sup>1,3</sup>

Recibido 20/11/13  
Aceptado 6/08/14

#### RESUMEN

El objetivo fue evaluar la producción de forraje, proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN) y digestibilidad estimada de la materia seca (DEMS) en pasturas asociadas de alfalfa y gramíneas C4 en comparación con alfalfa pura durante su primera estación de crecimiento. Los ensayos se establecieron en dos localidades, Anguil y Castex (La Pampa, Argentina), en un diseño en bloques completos al azar, con parcelas de 6,25 m<sup>2</sup> y surcos a 25 cm intercalados de alfalfa (A) cv Victoria (grupo 6) y una de las siguientes gramíneas C4 *Tetrachne dregei* (TD), *Panicum coloratum* (PC), *Digitaria eriantha* (DE) y *Eragrostis curvula* (EC), más un testigo (alfalfa pura). Se realizó un análisis de medidas repetidas usando un modelo mixto con localidades y asociaciones fijos y bloques aleatorios y prueba DMS ( $p < 0,05$ ). Para producción de alfalfa se detectaron efectos de localidad y tratamiento. La mayor acumulación de forraje de las mezclas respecto de alfalfa estuvo asociada a mayor proporción de megatérmicas. Para producción de forraje de gramíneas, de la mezcla, FDN, DEMS y PB los efectos principales y las interacciones resultaron significativos. En base a su producción de forraje y calidad PC, DE y EC serían las gramíneas C4 más promisorias para asociar con alfalfa; mientras que TD mostró la menor biomasa. Las asociaciones de alfalfa con gramíneas C4 permitieron, durante la primera estación de crecimiento, incrementar la producción respecto de alfalfa. Esto debería confirmarse utilizando otras variedades de alfalfa y períodos más largos.

**PALABRAS CLAVE:** Pasturas asociadas, Producción de forraje, Gramíneas perennes C4, Valor nutritivo del forraje.

#### ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate yield, concentrations of crude protein (CP) and neutral detergent fiber (NDF), and dry matter digestibility (DMD) of forage produced during first growing season by pastures of alfalfa associated with warm-season (C4) grasses compared to that of alfalfa as a single component. Trials were conducted at sites of Anguil and Castex, La Pampa province, Argentina using a randomized complete block design, plots of 6.25 m<sup>2</sup> size and seeding in rows separated 25 cm from each other. A single cultivar of alfalfa (A), Victoria INTA (Group 6), was used for the experimental work and, in the case of associations with C4 grasses, the establishment of plants was in an alternate pattern with rows allocating one of the following species: *Tetrachne dregei* (TD), *Panicum coloratum* (PC), *Digitaria eriantha* (DE) and *Eragrostis curvula* (EC). Treatments tested were: A (control), A+CE, A+PC, A+DE and A+TD. Results were treated by repeated measures analysis of variance, using a mixed model with treatments and sites representing the fixed effect and blocks the random one, and comparison of treatment means by LSD test ( $p < 0.05$ ). For alfalfa forage production, significant differences were detected among sites and treatments. The higher accumulation of aerial biomass observed in mixed pastures was asso-

<sup>1</sup> EEA INTA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas". \* fontana.laura@inta.gob.ar

<sup>2</sup> Facultad de Cs.Ex. y Naturales UNLPam.

<sup>3</sup> Facultad de Agronomía. UNLPam .

ciated to the contribution of C4 grasses. The main effects and interactions were significant for grass forage production, total mixed forage production and grass variables of forage quality (CP, NDF and DMD). Considering their forage production and quality, PC, DE and EC would be more promising in pastures mixed with alfalfa, whereas TD does not stand out because of its lower aerial biomass accumulation. During the first growing season, associations of A with C4 grasses showed a greater forage production in comparison to pastures with A as single component. However, this should be confirmed using other alfalfa genotypes and by tests lasting longer periods of time.

**KEY WORDS:** Mixed-species pasture, Alfalfa, C4 Perennial grasses, Forage yield, Nutritive value.

## INTRODUCCIÓN

Argentina es el octavo país más extenso del mundo, y las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas representan el 75 por ciento de la superficie total de su territorio (Glave, 1988). Estas regiones producen alrededor del 47 y 50% de la producción ganadera y agrícola del país, respectivamente (Ruiz *et al.*, 2012).

Las regiones semiáridas se caracterizan por una amplia variación en las precipitaciones, tanto entre años como entre estaciones, lo que hace que tanto los cultivos agrícolas como la producción de forrajes sean vulnerables (Bailey, 1979; FAO, 2007). El cambio climático previsto podría acentuar aún más esta variabilidad intra e inter-anual, en el mediano plazo (Stritzler *et al.*, 2007; Leakey, 2009). Los productores ganaderos, durante los períodos lluviosos, tienden a aumentar la carga animal, mientras que en los períodos con sequía ésta no se reduce con la misma velocidad y en similar magnitud, lo que conduce a una sobrecarga y como consecuencia al sobrepastoreo (Stritzler, 2008).

Por otra parte, los suelos de la región semiárida pampeana presentan una escasa capacidad de almacenaje de agua, y requieren prácticas culturales que limiten la erosión y que contribuyan a la conservación del agua edáfica (Tuya *et al.*, 2011).

En la provincia de La Pampa la actividad ganadera sufrió un corrimiento hacia zonas marginales debido a la expansión de la agricultura, esto obligó a la búsqueda de especies y variedades aptas a los nuevos ambientes, que en general tienen mayor deficiencia hídrica, suelos más frágiles y menos fértiles, y mayor amplitud de temperaturas, como así también heladas de

mayor magnitud (Bragachini *et al.*, 2011; Ruiz *et al.*, 2012).

Para mitigar los daños sufridos en estos ecosistemas frágiles, se puede recurrir a la siembra e implantación de especies perennes de buena calidad forrajera y alta productividad, lo que permitiría evitar procesos erosivos al disminuir la roturación frecuente de suelos no aptos para ello (Stritzler *et al.*, 2007; Veneciano *et al.*, 2010). Entre las especies de gramíneas introducidas del tipo carbono 4 (C4), la de mayor difusión es el pasto llorón (*Eragrostis curvula*); y otras especies de importancia son digitaria (*Digitaria eriantha*) y mijo perenne (*Panicum coloratum*). Pasto Verde (*Tetrachne dregei*) es una especie aún no difundida para su cultivo, pero con buenas perspectivas para la zona por su adaptación a las condiciones ambientales, en especial sequía, temperaturas bajas, y buena calidad del forraje (Petruzzi *et al.*, 2003; Stritzler, 2008; Ruiz *et al.*, 2004 a y b; 2008). En general todas estas especies presentan ventajas en estos ecosistemas frágiles sobre las especies carbono 3 (C3) debido a su mayor eficiencia del uso del agua y del nitrógeno (Ehleringer *et al.*, 1997; Ferri, 2011).

La asociación de gramíneas C4 con leguminosas contribuiría a incrementar tanto la concentración proteica como el rendimiento de la gramínea debido al aporte de nitrógeno simbiótico al sistema que realizan las leguminosas, similar a lo que ocurriría ante una fertilización (Cadisch *et al.*, 1994; Reeves *et al.*, 1996; Frame & Laidlaw, 2011; Romero, 2011). En nuestra región las pasturas en base a alfalfa son con frecuencia asociadas a gramíneas perennes invernales C3 como festuca, pasto ovillo, ce-

badilla, agropiro, etc. (Kloster & Zaniboni, 2007; Romero, 2011). Sin embargo es escasa la información referida a la asociación de alfalfa con gramíneas perennes C4 (Bayá-Casal, 1973). El empleo de mezclas de gramíneas perennes estivales y leguminosas puede incrementar la producción de forraje de la pastura durante el período estival, cuando las gramíneas invernales y otras leguminosas son menos productivas, pero para ello las especies asociadas deben ser compatibles entre sí para permitir una correcta implantación de la pastura y la expresión del potencial de sus componentes, principalmente durante el año de establecimiento (Piper, 1998; Benítez *et al.*, 2005).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción de forraje, proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN) y digestibilidad estimada de la materia seca (DEMS) de las gramíneas megatérmicas durante su primera estación de crecimiento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en dos localidades en la provincia de La Pampa (Anguil Latitud 36° 31' Longitud 64° y Eduardo Castex Latitud 35° 53' Longitud 64° 13'), en suelos de tipo Haplustol éntico. Cada ensayo se estableció en un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones, con parcelas de 6,25 m<sup>2</sup> (5 x 1,25 m), con 6 surcos intercalados de gramíneas y alfalfa distanciados 25 cm entre sí. La determinación de producción de forraje se realizó cortando 4 surcos centrales, dos de alfalfa y dos de gramínea dejando una bordura de 0,2 cm de cada extremo de la parcela. Los tratamientos fueron: alfalfa con *Tetrachne dregei* (A+TD), *Panicum coloratum* (A+PC), *Digitaria eriantha* (A+DE) y *Eragrostis curvula* (A+EC) y alfalfa pura (A) como testigo. La alfalfa utilizada fue de la variedad Victoria INTA (grado de reposo 6); en tanto que los cultivares de las gramíneas fueron Tanganyica (*Eragrostis curvula*), Klein Verde (*Panicum coloratum*), Irene (*Digitaria eriantha*) y población de INTA Anguil (*Tetrachne dregei*). La siembra de las gramíneas se realizó en septiembre de 2008, en forma manual, y la densidad de siembra fue de 2, 5, 5 y 7 kg.ha<sup>-1</sup> para EC, PC, DE y TD res-

pectivamente. Las parcelas se mantuvieron libres de malezas y sin cortes hasta la siembra de alfalfa. La siembra de la leguminosa se realizó en febrero de 2009 en ambas localidades, con una densidad de 7 kg.ha<sup>-1</sup>.

Las precipitaciones durante el transcurso del ensayo (15 meses, desde la siembra al último corte) fueron de 1191 mm (Anguil) y 964 mm (Castex). Los cortes se realizaron en Anguil los días 26/11/09, 26/01/10 y 07/04/10, y en Castex los días 06/01/10, 22/03/10 y 27/05/10. Los cortes fueron realizados cuando se observó un cierre de surco debido al crecimiento de la biomasa acumulada. Los mismos se efectuaron manualmente por separado y por especie, dejando un remanente de 7 cm. Se determinó peso seco del forraje por especie y de la asociación y el mismo se expresó en kilogramos de MS por hectárea. En el componente gramínea se determinó proteína bruta (PB, Kjeldahl), fibra detergente neutro (FDN, Goering y Van Soest, 1970), fibra detergente ácido (FDA) (Goering & Van Soest, 1970) y digestibilidad estimada de la materia seca (DEMS)  $DEMS=88,9-(0,779*FDA)$ .

Para los datos de producción y calidad de forraje por corte se realizó un análisis de medidas repetidas (cortes) usando un modelo mixto con efectos fijos de localidad, mezcla y cortes, y aleatorios de bloques, con distintas estructuras de covarianza, seleccionando un modelo con estructura de simetría compuesta (Kiernan *et al.*, 2012). Las interacciones se analizaron utilizando la opción SLICE del PROC MIXED (SAS Institute, 2008), y las medias de mezclas se compararon por corte y sitio usando la prueba de diferencia mínima significativa ( $p<0,05$ ). Para la producción total de forraje se usó un modelo mixto con efectos fijos de localidad y mezcla y aleatorios de bloque, y las medias se compararon usando la prueba de diferencia mínima significativa ( $p<0,05$ ).

## RESULTADOS

### Producción de forraje total de la asociación

La producción de forraje correspondiente al componente gramínea y de la asociación (gramínea + alfalfa), como así también la PB, FDN y DEMS de las gramíneas de los diferentes trata-

**Tabla 1a.** Probabilidades para producción de forraje de alfalfa, gramíneas C4 y de la asociaciones en dos localidades de La Pampa.

**Table 1a.** Probabilities for forage yield of alfalfa, C4 grasses and the mixture at two locations in La Pampa.

Efecto	Probabilidad		
	Alfalfa	Gramíneas	Mezcla
Asociaciones	0.0616	<0,0001	<0,0001
Corte	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Trat*Corte	0.2184	0.0117	0.0006
Localidad	0.0104	0.9685	0.1663
Trat*Localidad	0.5092	0.0034	0.0133
Localidad*Corte	0.2592	<,0001	<,0001
Trat*Localidad*Corte	0.9309	0.0003	<,0001

mientos (mezclas) interaccionaron ( $p < 0,05$ ) con fecha de corte y con localidad. Mientras que la producción de forraje de alfalfa fue diferente entre localidades y corte, sin detectarse interacciones significativas (Tabla 1 a y b). La información de las mezclas y de cada componente, se presentará a continuación considerando a cada una de las localidades por separado.

En la localidad de Castex, las asociaciones de alfalfa con *Panicum coloratum* y *Digitaria eriantha* presentaron una producción de forraje similar entre ellas y superior (con una diferencia promedio de 4700 kg de MS) a las restantes asociaciones evaluadas. Por otra parte, en Anguil se

**Tabla 1b.** Probabilidades para calidad de forraje de gramíneas megatérmicas en dos localidades de La Pampa.

**Table 1b.** Probabilities for forage quality of warm grasses and at two locations in La Pampa.

Efecto	Prob.		
	PB	FDN	DMS
Especie	0.001	<0,0001	<0,0001
Corte	<0,0001	<0,001	<0,0001
Especie*Corte	0.0189	0.0005	0.2724
Localidad	0.3624	0.554	0.4182
Especie*Localidad	0.5762	0.116	0.1206
Localidad*Corte	0.2378	0.0062	0.0002
Trat*Localidad*Corte	0.0012	0.01	0.0811

destacó la asociación de alfalfa con *Eragrostis curvula*, siendo su acumulación similar a la de *Panicum coloratum* y *Digitaria eriantha*.

En Castex, en el corte 1 y 2, las asociaciones de alfalfa con *Panicum coloratum* y *Digitaria eriantha* fueron las que presentaron una mayor producción de forraje. En el corte 3 las producciones de todas las mezclas fueron similares.

Por el contrario, en Anguil, en el corte 1 la producción de forraje fue similar en todas las mezclas evaluadas. En el corte 2,

las asociaciones que presentaron una mayor producción de forraje fueron con *Eragrostis curvula*, *Panicum coloratum* y *Digitaria eriantha*. En el corte 3 las mezclas con una mayor producción de forraje fueron con *Eragrostis curvula* y *Panicum coloratum*.

Analizando los valores promedio, la proporción de gramíneas, en el total de la producción de forraje representó un 56% y 71% del total de la pastura en Castex y Anguil, respectivamente. La producción de las gramíneas fue en valores absolutos similar entre ambas localidades, aunque en Castex la alfalfa acumuló un 43% más de materia seca que en Anguil.

#### **Producción de forraje total de la gramínea**

En Castex, para la producción total de forraje, las gramíneas que acumularon una mayor cantidad de biomasa durante la estación de crecimiento fueron *Digitaria eriantha* y *Panicum coloratum* (7199 y 6581 kg de MS/ha respectivamente, sin diferencias significativas). Mientras que para Anguil fueron *Eragrostis curvula* y *Panicum coloratum* (7769 y 5631 kg de MS.ha<sup>-1</sup> respectivamente, sin diferencias significativas) La gramínea con la menor producción de forraje en las dos localidades fue *Tetrachne dregei*, con 2155 kg MS.ha<sup>-1</sup> en promedio (Tabla 2).

En el corte 1 en Castex se obtuvieron

**Tabla 2.** Producción de forraje (kgMS.ha<sup>-1</sup>) de la alfalfa, de la gramínea C4 y de la asociación en el año de establecimiento de la pastura en dos localidades de La Pampa.**Table 2.** Forage yield (kgMS.ha<sup>-1</sup>) of alfalfa, C4 grass and the mixture in the year of the pasture at two locations in La Pampa.

Tratamiento	Castex				Anguil			
	Corte1	Corte2	Corte3	Total	Corte1	Corte2	Corte3	Total
Alfalfa								
A	1377	958	900	3235	1389a	627	991a	3007a
A+EC	1103	694	665	2462	731 b	161	228 b	1120 b
A+PC	1460	792	665	2917	819 b	281	252 b	1352 b
A+DE	1559	761	785	3105	1079a	153	223 b	1455 b
A+TD	1263	932	730	2925	697 b	289	396 b	1382 b
Gramíneas C4								
A	----	----	----	----	----	----	----	----
A+EC	1850 b	2260 b	557	4667 b	819	3150a	3800a	7769a
A+PC	2700ab	3780a	101	6581a	495	1771 b	3365a	5631ab
A+DE	2960a	4080a	159	7199a	536	2220ab	1672 b	4428 b
A+TD	430 c	1093 c	246	1769 c	511	1024 c	1007 b	2542 bc
Asociación								
A	1377 c	958 b	900	3235 c	1389	627 bc	991 c	3007 c
A+EC	2953 b	2953 b	1222	7128 b	1550	3311a	4028a	8889a
A+PC	4160a	4573a	766	9499ab	1315	2052ab	3617a	6984ab
A+DE	4518a	4842a	944	10304a	1615	2373ab	1895 bc	5883abc
A+TD	1693 c	2025 b	1976	5694 c	1208	1313 b	1403 bc	3924 bc

Dentro de cada columna y agrupado por alfalfa, gramínea y asociación, letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). A= Alfalfa, EC= *Eragrostis curvula*, PC= *Panicum coloratum* y DE = *Digitaria eriantha* y TD= *Tetrachne dregei*.

las mayores producciones de forraje de gramíneas, que correspondieron a *Digitaria eriantha* y *Panicum coloratum* (2960 y 2700 kg de MS.ha<sup>-1</sup>, respectivamente), estos se diferenciaron significativamente del resto. En Anguil, en el primer corte, los rendimientos fueron inferiores (promedio 590 kg MS.ha<sup>-1</sup>) en un 70% a los de Castex, sin diferenciarse significativamente entre las diferentes especies C4.

En el corte 2, en Castex los mayores rendimientos se dieron en *Digitaria eriantha* y *Panicum coloratum* (4080 y 3780 kg de MS.ha<sup>-1</sup>, respectivamente), en tanto que en Anguil, *Eragrostis curvula* fue el de mayor producción y no se diferenció de *Digitaria eriantha* (3150 y 2220 kg de MS.ha<sup>-1</sup>, respectivamente), con rendimientos ligeramente inferiores a Castex. *Tetrachne*

*dregei* (1058 kg de MS.ha<sup>-1</sup>) fue el de menor producción en ambas localidades.

En el corte 3, los mayores rendimientos ocurrieron en Anguil, en *Eragrostis curvula* y *Panicum coloratum* (3800 y 3365 kg de MS.ha<sup>-1</sup>, respectivamente), diferenciándose significativamente del resto. Los rendimientos de *Tetrachne dregei* y *Digitaria eriantha* de Anguil también superaron a los de Castex. En general los rendimientos en Castex de las gramíneas fueron muy bajos en este tercer corte (265 kg MS.ha<sup>-1</sup>).

Producción de forraje total de la alfalfa fue, en todos los cortes y en el total, mayor en Castex que en Anguil. Además, la producción de forraje total fue similar entre tratamientos en Castex, en tanto que en Anguil el cultivo de alfalfa pura

**Tabla 3.** Calidad forraje de la gramínea C4 de una pastura gramínea+alfalfa en dos localidades de La Pampa.**Table 3.** Forage quality of C4 grass of a grass+alfalfa pasture at two locations in La Pampa.

Localidad		Castex				Anguil			
Tratamiento	A+EC	A+PC	A+DE	A+TD	A+EC	A+PC	A+DE	A+TD	
Corte 1	FDN	83,9a	75,4 b	76,9 b	81,9a	79,9a	70,6 b	72,3 b	80,8a
	PB	10,4ab	12,3a	9,5 b	12,6a	9,3	12,8	10,9	10,4
	DEMS	53,4 bc	59,0a	52,2 c	56,7ab	57,4 b	63,5a	57,9 b	60,5ab
Corte 2	FDN	80,7 bc	76,5 c	71,7 c	86,2a	80,7a	74,3 b	73,2 b	83,3a
	PB	10,4ab	11,4a	7,4 b	13,0a	11,3	12,1	11,1	11,5
	DEMS	56,5	56,6	54,4	58,5	53,8	57,5	53,0	56,0
Corte 3	FDN	77,9 bc	79,7ab	71,7 c	81,4a	80,4ab	74,7 b	73,8 b	81,5a
	PB	10,2 c	11,1 bc	13,5a	11,4 b	11,2	12,4	10,5	12,1
	DEMS	58,5a	56,9a	55,8 b	58,9a	56,8ab	59,7a	55,2 b	58,4 b

Letras distintas en una fila dentro de cada localidad indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). FDN= fibra detergente neutro, PB= proteína bruta, DEMS= digestibilidad estimada de la materia seca estimada a partir de FDA. A= Alfalfa, EC= *Eragrostis curvula*, PC= *Panicum coloratum*, DE= *Digitaria eriantha* y TN= *Tetrachne dregei*.

acumuló un 56% más como cultivo puro que en asociaciones con megatérmicas (Tabla 2). Para esta variable solamente se encontraron diferencias significativas en el corte 1 y 3 en Anguil, donde la mayor producción se dio en alfalfa pura.

### Calidad de gramíneas

La DEMS de las gramíneas presentó un rango de 53,0 a 64,6%, considerando los diferentes cortes y localidades (Tabla 3). En Castex, *Panicum coloratum* y *Tetrachne dregei* mostraron en el corte 1 las mayores DEMS; en el corte 2 la DEMS fue similar entre especies; y en el tercero, en otoño, cuando en general decae la calidad del forraje, *Digitaria eriantha* fue la de menor DEMS, presentando 2,29% menos que el promedio de las restantes gramíneas. En Anguil, en el primer corte, *Panicum coloratum* y *Tetrachne dregei* presentaron mayor DEMS, en el segundo no hubo diferencias significativas; y en el tercero *Panicum coloratum* y *Eragrostis curvula* fueron las de mayor DEMS.

En Castex y Anguil, en el primer corte los mayores de FDN correspondieron a *Eragrostis curvula* y *Tetrachne dregei*, diferenciándose significativamente de las otras especies. En el

segundo corte, *Tetrachne dregei* presentó el mayor valor de FDN para Castex mientras que en Anguil fueron para *Tetrachne dregei* y *Eragrostis curvula*. En el tercer corte, en Castex los mayores valores de FDN fueron para *Tetrachne dregei* y *Panicum coloratum*, mientras que en Anguil fueron *Tetrachne dregei* y *Eragrostis curvula*.

En Castex, en el primer corte los mayores %PB correspondieron a *Tetrachne dregei* y *Panicum coloratum* seguidos por *Eragrostis curvula*, si bien este último no se diferenció de *Digitaria eriantha*, la cual mostró la menor PB (Tabla 3). En el segundo corte, *Digitaria eriantha* también fue la especie de menor PB; sin embargo en el tercer corte, la situación se revirtió. En Anguil, por el contrario %PB, no se encontraron diferencias entre especies en ninguno de los cortes.

### DISCUSIÓN

En la región semiárida, se considera necesario profundizar los estudios en lo que respecta a la asociación de gramíneas C4 con leguminosas, dado que es escasa la información disponible al momento (Bayá-Casal, 1973; Benítez *et al.*, 2005; Stritzler *et al.*, 2007). Se ha señalado que

la asociación de especies C4 con leguminosas evitaría la disminución de la productividad de la pastura con los años como así también su calidad respecto de las gramíneas puras (Ferri, 2011). En el presente trabajo se muestra un avance respecto a la asociación de diferentes especies C4 con alfalfa, la leguminosa de mayor uso en la región semiárida pampeana.

Los resultados registrados en ambas localidades correspondientes a la producción de forraje durante la primera estación de crecimiento muestran que la asociación de alfalfa con gramíneas C4 tiene ventajas respecto del cultivo puro de alfalfa, lo cual no siempre es evidente en las asociaciones con gramíneas C3 (Kloster & Zaniboni, 2007; Romero, 2011).

Los valores de producción total de la asociación correspondiente a la primera temporada de crecimiento, evidenciaron que, las asociaciones fueron viables por cuanto su producción fue superior a la de la alfalfa pura, y las gramíneas presentaron una aceptable calidad de forraje. Sin embargo, observaciones visuales realizadas con posterioridad mostraron una persistencia superior de las gramíneas C4 en relación a la de la alfalfa, lo cual debería ser estudiado con mayor profundidad en futuras experiencias. Piper (1998) indica que el éxito relativo de las especies en una asociación puede cambiar con el tiempo, ya que aquellas que dominan inicialmente pueden ser superadas si los niveles de luz, nutrientes y agua se tornan limitantes. Algo similar podría ocurrir con los años en una pastura de alfalfa+gramínea C4, considerando que estas últimas son menos exigentes en cuanto a nutrientes del suelo y disponibilidad hídrica, presentan una raíz en cabellera con gran desarrollo (Nippert *et al.*, 2012), y la disposición de sus hojas podría interferir en la captación de luz por parte de la alfalfa. Así por ejemplo, Cruz & Sinoquet (1994) indican que en las mezclas, la luz suele tornarse un factor limitante para algunas especies, tendiendo éstas finalmente a desaparecer.

En relación al aporte de cada uno de los componentes de la mezcla a la biomasa total, la producción total de las gramíneas fue más significativa en Anguil que en Castex. En gene-

ral, los mayores aportes a la producción total de la pastura lo realizaron las gramíneas C4.

En cuanto a los parámetros del valor nutritivo, no se observó una caída de la digestibilidad de las gramíneas hacia el otoño, ni en Anguil ni en Castex, como hubiera sido esperable (Stritzler *et al.*, 2007), posiblemente debido al manejo de la pastura, que fue mantenida bajo corte. En la fracción FDN, las gramíneas tuvieron valores en un rango de 71 a 86%, los cuales, si bien son altos, fueron normales considerando que se trata de especies C4 (Kephart & Buxton, 1993; Buxton *et al.*, 1995). En general, los promedios mostraron a *Digitaria eriantha* y *Panicum coloratum* como los de menores porcentajes de FDN (74,3% en promedio), lo que favorecería su consumo por parte del ganado; en tanto que *Tetrachne dregei* y *Eragrostis curvula* presentaron valores superiores (80,9%), lo que indica un menor potencial de consumo.

De todas las gramíneas se destacó PC por presentar mayor DEMS (59,7%) en promedio de todos los cortes. Esto indica que esta especie tuvo una menor DEMS. Por el contrario, *Digitaria eriantha* presentó los valores más bajos de DEMS (55,2%). No obstante, en general para todas las especies C4, los valores de digestibilidad fueron similares a los obtenidos por otros autores en el rebrote primaveral en pasto llorón (58-63%), y superiores en todos los casos a los obtenidos en el forraje diferido de abril a junio para esta especie (37-43%), ya sea fertilizado o no (Veneciano *et al.*, 2010). Para *Panicum coloratum* se ha indicado que la digestibilidad oscila en los 62,1% en diciembre, bajando a 50,9% en agosto (Petruzzi *et al.*, 2003). En estos ensayos se encontraron valores similares o inferiores a los de primavera (56,6-64,5%).

La proteína bruta de las gramíneas asociadas con alfalfa mostró valores en un rango de 9,3 a 14,7% en las distintas especies y cortes. Valores similares (9,6 a 10,6%) han sido encontrados en pasto llorón fertilizado (50 kg N/ha.año) en su rebrote de primavera (Veneciano *et al.*, 2010). En general, el promedio para los diferentes cortes y localidades muestra que *Panicum coloratum* y *Tetrachne dregei* fueron las especies de mayor PB (12,2%), y *Digitaria eriantha* la de

menor PB (10,5%). Para *Panicum coloratum*, Petruzzi *et al.* (2003) han indicado valores de hasta 14,3% de PB en diciembre. En el presente trabajo se encontraron valores de esa magnitud en abril en Anguil.

## CONCLUSIONES

En la región semiárida pampeana, bajo las condiciones de estudio, se observó un buen comportamiento en cuanto a producción y valor nutritivo en el primer año de las mezclas gramíneas C4 con alfalfa de latencia intermedia. En Castex y Anguil, *Panicum coloratum*, *Digitaria eriantha* y *Eragrostis curvula* serían más promisorias que *Tetrachne dregei* para asociar a la alfalfa. De todos modos, si bien *Tetrachne dregei* presentó menor producción, ésta podría ser una gramínea adecuada para la asociación, por cuanto ejercería sobre la alfalfa una menor competencia inicial, y por ende favorecer una mayor persistencia potencial a la alfalfa en años posteriores. Es necesario evaluar, en ensayos a largo plazo, otras variables (distanciamientos entre surcos, densidades y épocas de siembra entre otras), que en su conjunto tendrían efecto sobre la persistencia de la asociación.

## BIBLIOGRAFÍA

Bailey H.P. 1979. Semi-arid climates: their definition and distribution. *In: Ecological studies* 34 (A.E. Hall, G.H. Cannell & H.W. Lawton Eds.). Springer-Verlag, Heidelberg, Alemania. pp. 73-97.

Bayá-Casal E.M. 1973. Importancia del pasto llorón como elemento de incrementación en la producción de carne vacuna. Ed. Hemisferio Sur. 87p.

Benítez A.H., J.A. Bongiovanni, V.C. Canobas, C.M. Ferri, N.P. Stritzler & H.J. Petruzzi. 2005. Acumulación de materia seca del primer ciclo en pasturas puras y en mezclas de alfalfa, festuca alta y *Eragrostis superba*. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 25(Supl.1): 193-194.

Bragachini M., A. Saavedra, J. Méndez & C. Casini. 2011. La evolución del Sistema Productivo Agropecuario Argentino. Mayor valor agregado en origen. *En: 2º Jornada Nacional de Forrajes Conservados*. EEA INTA Manfredi. 1-17.

Buxton D.R., D.R. Mertens & K.J. Moore. 1995. Forage quality for ruminants: plant and ani-

mal considerations. *Prof. Anim. Sci.* 11: 121-131.

- Cadisch G., R.M. Schunke & K.E. Giller. 1994. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red latosol in Brazil. *Trop. Grasslands* 28: 43-52.
- Cruz P.A. & H. Sinoquet. 1994. Competition for light and nitrogen during a regrowth cycle in a tropical forage mixture. *Field Crops Res.* 36: 21-30.
- Ehleringer J.R., T.E. Cerling & E.R. Helliker. 1997. C4 photosynthesis, atmospheric CO<sub>2</sub> and climate. *Oecologia* 112: 285-299.
- FAO. 2007. Secuestro de carbono en tierras áridas. Disponible en internet octubre de 2012, <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/y5738s/y5738s.pdf>.
- Ferri C.M. 2011. Alternativas forrajeras para ambientes restrictivos: templado semiárido. *En: Producción de forraje en ambientes no agrícolas. Informe de Actualización Técnica N° 22*. INTA EEA Marcos Juárez. pp. 39-50.
- Frame J. & A.S. Laidlaw. 2011. Improved grassland management New edition. The Crowood Press. Bangalore, India. 352 p.
- Glave A.E. 1988. Manejo de suelos en la región semiárida pampeana. *En Erosión: sistemas de producción, manejo y conservación del suelo y del agua*. Fundación Cargil. Buenos Aires, Argentina. pp 1-21.
- Goering H.K. & P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). *In: Agriculture Handbook* 379: 1-20.
- Kephart K.D. & D.R. Buxton. 1993. Forage Quality Responses of C3 and C4 Perennial Grasses to Shade. *Crop Science* 33(4): 831-837.
- Kiernan K., J. Tao & P. Gibbs. 2012. Tips and Strategies for Mixed Modeling with SAS/STAT® Procedures. SAS Global Forum 2012, Paper 332-2012. (<http://support.sas.com/resources/papers/proceedings12/332-2012.pdf>).
- Kloster A.M. & C.M. Zaniboni. 2007. Manejo y utilización de pasturas de alfalfa en producción de carne. Capítulo 13. *En: El cultivo de la alfalfa en la Argentina*. Ed. D.H. Basigalup, INTA EEA Manfredi. pp. 277-301.
- Leakey A.D.B. 2009. Rising atmospheric carbon dioxide concentration and the future of C4 crops for food and fuel. *Proc. R. Soc. B.* 276: 2333-2343.



- Nippert J.B., R.A. Wieme, T.W. Ocheltree & J.M. Craine. 2012. Root characteristics of C4 grasses limit reliance on deep soil water in tallgrass prairie. *Plant Soil* 355: 385-394.
- Petruzzi H.J., N.P. Stritzler, E.O. Adema, C.M. Ferri & J.H. Pagella. 2003. Mijo perenne. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Publicación Técnica 51. 28 p.
- Piper K.J. 1998. Growth and seed yield of three perennial grains within monocultures and mixed stands. *Agric. Ecosyst. Environ.* 68: 1-11.
- Reeves M., W.J. Fulkerson & R.C. Kellaway. 1996. Forage quality of kikuyu (*Pennisetum clandestinum*): the effect of time of defoliation and nitrogen fertiliser application and in comparison with perennial ryegrass (*Lolium perenne*). *Aust. J. Agric. Res.* 47: 1349-1359.
- Romero N.A. 2011. Producción y persistencia de gramíneas perennes de invierno asociadas con alfalfa. Publicación técnica N°83. INTA EEA Anguil. 15 p.
- Ruiz M.A., E.O. Adema, T. Rucci & F.J. Babinec. 2004a. Producción y calidad de forraje de gramíneas perennes en diferentes ambientes del Caldenal. Publicación Técnica N° 54. INTA. EEA Anguil. 36 p.
- Ruiz M.A., F.J. Babinec, E.O. Adema & T. Rucci. 2004b. Producción de forraje y contenido de proteína de gramíneas estivales introducidas en Chacharramendi (La Pampa). *Rev. Arg. Prod. Anim.* 24(1-2): 41-51.
- Ruiz M.A., O. Martínez & A.D. Golberg. 2008. Water stress and forage production in *Trachne dregei* Nees, *Panicum coloratum* L. and *Eragrostis curvula* (Schard) Nees. *Phyton-Int. J. Exp. Bot.* 77: 7-20.
- Ruiz M.A., A.D. Golberg & M.L. Molas. 2012. Cereales sintéticos para regiones semiáridas. Editorial Académica Española. Saarbrücken, Alemania. pp. 13-16.
- SAS Institute, Inc. 2008. SAS/STAT® 9.2 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 7880 p.
- Stritzler N.P., H.J. Petruzzi, C.A. Frasinelli, J.H. Veneciano, C.M. Ferri & E.F. Viglizzo. 2007. Variabilidad climática en la región semiárida central argentina. Adaptación tecnológica en sistemas extensivos de producción animal. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 27(2): 113-125.
- Stritzler N.P. 2008. Producción y calidad nutritiva de especies forrajeras megatérmicas. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 28 (2): 165-168.
- Tuya O., A. Quiroga & F. Epuñan. 2011. Los primeros objetivos de trabajo: conservación del suelo y economía del agua; adecuar métodos de labranza; manejo de la cobertura y rugosidad superficial; eficiencia de barbechos. *En: Gestión del agua en producciones agrícolas y ganaderas de secano. Principales contribuciones de la EEA Anguil.* INTA EEA Anguil. pp.9-17.
- Veneciano J.H., C.M. Rabotnikof, M.E. Fuentes, N.P. Stritzler & K.L. Frigerio. 2010. Evaluación del valor nutritivo de los cultivares Ermelo y Agpal de pasto llorón. *En: Investigación en Producción Animal 2007-2009. Boletín de divulgación Técnica N° 100:* 9-12.