

EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA EN PASTURAS EN UN MOLISOL DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA

WATER USE EFFICIENCY OF PASTURES IN A MOLLISOL OF THE SEMIARID PAMPA

Fernández Romina^{*1}, Ileana Frasier¹, Mauricio Uhaldegaray¹
Juan Oderiz¹, Eric Scherger¹, Elke Noellemeyer²
& Alberto Quiroga^{1,2}

Recibido 17/11/2016
Aceptado 22/05/2017

RESUMEN

Actualmente en la región semiárida pampeana se vislumbra un creciente interés por parte de los productores de incorporar nuevamente las pasturas dentro de la rotación de cultivos. En respuesta a esta demanda se planteó como objetivo evaluar la producción, calidad de forraje y la eficiencia en el uso del agua de pasturas bifíticas con y sin aporte de nitrógeno por fertilización en un Molisol de la Región Semiárida Pampeana. Los tratamientos fueron Festuca-Agropiro y Agropiro-Alfalfa sin aporte de nutrientes (T) y fertilizado con nitrógeno (F). El diseño fue en bloques completamente aleatorizados con 3 réplicas. Durante el ciclo de las pasturas se determinó la materia seca de la biomasa aérea, su digestibilidad y proteína. En cada corte de biomasa se determinó el contenido de humedad del suelo y se calculó el uso consuntivo (UC) y la eficiencia en el uso del agua (EUA). Bajo las condiciones del presente estudio los resultados mostraron que Agropiro-Alfalfa presentó mayor producción, mejor calidad y no respondió a la fertilización, comparado con Festuca-Agropiro. En esta última pastura la respuesta a la fertilización fue significativa, incidiendo tanto sobre biomasa como en el contenido de proteína. El efecto de la fertilización en Festuca-Agropiro se tradujo en primera instancia en la calidad del forraje producido y luego en la cantidad del mismo. El UC promedio durante el ciclo de ambas pasturas fue similar, 781 mm para Festuca-Agropiro y 758 mm para Agropiro-Alfalfa, la EUA promedio de los 4 años fue superior en Agropiro-Alfalfa (10,4 kg MS.ha⁻¹.año⁻¹) con respecto a FA (8,5 kg MS.ha⁻¹.año⁻¹). En promedio la pastura Festuca-Agropiro produjo por día 1,8 y 2,6 kg.ha⁻¹ de proteína para T y F respectivamente, mientras que Agropiro-Alfalfa presentó valores mayores de 2,8 y 3,1 kg.ha⁻¹.día⁻¹ de proteína para T y F respectivamente.

PALABRAS CLAVE: agropiro, festuca, uso consuntivo

ABSTRACT

Currently, in the semiarid Pampa, there is a growing interest by farmers to reintroduce pastures into crop rotations. In response to this demand, the objective was to evaluate the biomass production, quality, and efficiency by pastures of two species with and without nitrogen fertilization in a Mollisol of the semiarid Pampa. The treatments were Fescue-Wheatgrass and Wheatgrass-Lucerne without nutrient contribution (T) and fertilized with nitrogen (F). The design was in completely randomized blocks with 3 replicates. Aerial biomass dry matter, digestibility and protein contents were determined during four growing seasons. Soil moisture

content was determined at each date of biomass harvest, and the consumptive water use (UC) and water use efficiency (EUA) were calculated. The results showed that Wheatgrass-Lucerne presented higher pro-

Cómo citar este trabajo:

Fernández R., I. Frasier, M. Uhaldegaray, A. Oderiz, E. Scherger, E. Noellemeyer & A. Quiroga. 2017. Productividad física del agua en pasturas en un molisol de la región semiárida pampeana. *Semiárida Rev. Fac. Agron. UNLPam*. 27(1): 19-25

duction, better quality and no response to fertilization, compared to Fescue-Wheatgrass. In the latter, the response to fertilization was significant, affecting both biomass and protein content. The effect of fertilization in Fescue-Wheatgrass firstly improved the quality and afterwards resulted in higher quantity of fodder produced. The average UC during the 4-year period of both pastures was similar, 781 mm for Fescue - Wheatgrass and 758 mm for Wheatgrass - Lucerne, the average EUA was superior in Wheatgrass - Lucerne (10,4 kg DM.ha⁻¹.year⁻¹) compared to Fescue-Wheatgrass (8,5 kg DM.ha⁻¹.year⁻¹). On average, pasture Fescue - Wheatgrass produced 1.8 and 2.6 kg.ha⁻¹ of protein per day for T and F respectively, while Wheatgrass - Lucerne presented values of 2.8 and 3.1 kg.ha⁻¹ of protein per day for T and F, respectively.

KEY WORDS: wheatgrass, fescue, consumptive water use

INTRODUCCIÓN

En los últimos 20 años, en la región pampeana, se produjeron cambios importantes en los sistemas de producción; predominando el incremento de las áreas de cultivos agrícolas y determinando una reducción de la superficie destinada a pasturas (Viglizzo *et al.*, 2010).

Actualmente en la región semiárida pampeana se vislumbra un creciente interés por parte de los productores a volver a sistemas de producción donde las rotaciones con pasturas nuevamente estén involucradas. Sin embargo, en la práctica, a especies tan bien conocidas como agropiro o festuca (entre otras) se les asigna escasa tecnología y difícilmente llegan a expresar su capacidad productiva (Agnusdei *et al.*, 2010; Parsons *et al.*, 2010). El alto potencial de estas especies estaría relacionado con su plasticidad en cuanto a las condiciones de suelo y clima, lo cual asegura una alta persistencia en comparación con otras especies (Agnusdei *et al.*, 2014). Las características de rusticidad de festuca, como así también el desarrollo de un sistema radical profundo (Carámbula, 2007), permiten que sus pasturas ocupen suelos relativamente pobres, hecho que en cierto modo llevó a confundir las limitaciones de esos ambientes con la verdadera capacidad productiva de la especie. Sin embargo, los requerimientos para que la festuca logre buenos niveles productivos son equivalentes a los de la mayoría de las gramíneas forrajeras cultivadas (Agnusdei, 2014).

La amplia difusión alcanzada para la pastura de agropiro en zonas de La Pampa Deprimida se debe principalmente a su tolerancia a tenores salinos elevados (tolera hasta 7 dS.m⁻² de conduc-

tividad eléctrica). Aunque es una especie con un alto nivel de adaptación que tiene la potencialidad de desarrollarse en suelos no salinos con condiciones ambientales limitantes (Agnusdei *et al.*, 2014).

La alfalfa es frecuentemente utilizada en mezclas con gramíneas perennes para mejorar la calidad, distribución estacional y producción de la pastura (Sleugh *et al.*, 2000). Esta especie también puede reemplazar fuentes externas de nitrógeno, reduciendo los requerimientos de fertilización cuando se establece en pasturas polifíticas conjuntamente con gramíneas (Berdahl *et al.*, 2001), sin evidencias de que afecte la productividad de las mismas (Hendrickson *et al.*, 2008). No obstante, en ambientes con regímenes de humedad ústico y perfiles de suelo limitados en profundidad por la presencia de manto calcáreo (Paleustoles petrocalcicos), se ha comprobado que la alfalfa puede condicionar significativamente la producción y distribución estacional de la gramínea perenne (Vallejo *et al.*, 2002).

El agua almacenada en el suelo y las precipitaciones son menos aprovechadas cuando las pasturas están sometidas a condiciones de restricción nutricional. Para que las cualidades forrajeras de pasturas puedan expresarse, el manejo debe centrarse en la disponibilidad de nutrientes como nitrógeno y fósforo (Agnusdei *et al.*, 2014). La adecuada provisión de nutrientes mejora la eficiencia de uso de agua de los cultivos (Gao *et al.*, 2009; Noellemeyer *et al.*, 2013), sin embargo en la Región Semiárida Pampeana no se cuenta con resultados acerca del uso y la eficiencia en el aprovechamiento del agua en el suelo, por parte de pasturas.

El objetivo fue evaluar la producción, calidad de forraje y la eficiencia en el uso del agua sin aporte de nutrientes y con fertilización durante el ciclo de Festuca+Agropiro y Agropiro+Alfalfa, en un Molisol de la Región Semiárida Pampeana

MATERIALES Y MÉTODOS

En un Paleustol petrocálcico ubicado en la EEA INTA Anguil se sembraron dos pasturas bifíticas, compuestas por Festuca (*Festuca arundinacea* var. Flecha) y Agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum* var. Hulk) (10 y 17 kg .ha⁻¹ respectivamente), y otra con Alfalfa (*Medicago sativa*) y Agropiro (10 y 25 kg.ha⁻¹ respectivamente) en el mes de mayo de 2012. Los tratamientos fueron Festuca-Agropiro y Agropiro-Alfalfa sin aporte de nutrientes (T) y fertilizado (F) con nitrógeno (60 kg.ha⁻¹). La fertilización se realizó en septiembre del 2012, repitiéndose en abril del 2013, 2014 y 2015. El ensayo fue dispuesto en un diseño de bloque completamente aleatorizados con tres repeticiones. Cada unidad experimental fue de 50 m². Durante 4 años se determinó biomasa aérea en las fechas que se detallan a continuación; en el primer año los cortes fueron: 24/10/12, 28/11/12, 22/1/13, 9/5/13; en el segundo año: 24/10/13, 10/12/13, 10/3/14, 5/6/14; en el tercer año: 8/10/14, 21/11/14, 26/5/15; y en el cuarto año: 30/9/15, 9/12/15 8/4/16. El criterio de defoliación que se consideró fue la aparición en el macollo de la tercer hoja expandida. Los cortes se realizaron en una superficie de 0,50 m² en cada parcela a 5 cm del suelo y las muestras fueron secadas en estufa a 60°C para la determinación de materia seca (MS). Se determinó FDN (fibra detergente neutro, técnica Van Soest), DMS (digestibilidad estimada de la MS, DEMS= 88,9 – (0,779*FDA), siendo FDA: fibra detergente ácido, técnica Van Soest) y proteína bruta (PB, técnica Kjeldahl en muestras de cada corte molidas a 1,0 mm, utilizando para ello muestras compuestas de cada tratamiento).

En cada momento de corte de biomasa se determinó el contenido de humedad del suelo (método gravimétrico) cada 20 cm hasta la presencia del manto calcáreo (120 cm de profundidad), para calcular el uso consuntivo promedio en

cada pastura según la siguiente ecuación (López y Arrúe, 1997):

$$UC = AU_i + P_p - AU_f$$

Donde:

UC: Uso consuntivo (mm)

AU_i: Agua inicial a 120 cm de profundidad (mm)

P_p: Precipitaciones acumuladas (mm)

AU_f: Agua útil final a 120 cm de profundidad (mm).

Posteriormente se calculó la eficiencia en el uso del agua (EUA) a partir de la siguiente ecuación (Quiroga *et al.*, 2006):

$$EUA (\text{kg MS} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}) = \text{Biomasa} (\text{kg MS} \cdot \text{ha}^{-1}) / UC (\text{mm})$$

Los resultados fueron analizados mediante modelos lineales mixtos con medidas repetidas en el tiempo para cada pastura. La comparación de medias se realizó mediante Test de Fischer ($p \leq 0.1$) utilizando el software Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostraron que la producción de Festuca-Agropiro y de Agropiro-Alfalfa durante el primer año de crecimiento superó ampliamente al resto de los años evaluados (Fig. 1). En la pastura de Festuca-Agropiro la disminución en la producción varió de acuerdo con el nivel nutricional y con el año ($p=0.009$). La caída en la producción en el segundo año con respecto al primero fue del 70 y 49% en T y F respectivamente. Entre el segundo y tercer año también se evidenció una caída significativa en la producción que se encontró en el orden del 16 y 29% en T y F respectivamente. En el cuarto año, la productividad de la pastura fertilizada mantuvo valores similares al año anterior mientras que el testigo demostró un leve incremento. Para la asociación Agropiro-Alfalfa la producción de biomasa fue independiente del nivel nutricional y mostró una variación anual significativa ($p < 0.0001$). En promedio, la caída en la producción de materia seca entre el primer y segundo año fue del 50%, mientras que entre el segundo y tercer año fue del 30%, estabilizándose hacia el cuarto año (Fig. 1a). Esta caída en la producción luego del año de implantación, aún en pasturas fertilizadas, ha sido documentada en la bibliografía (Cowling & Locker,

1965). Sin embargo, Sevilla y Spada (2014) observaron un comportamiento más errático en la productividad de Agropiro en la región semiárida, con disminución en el segundo año, pero un aumento importante en el tercero.

Para Festuca-Agropiro la respuesta a la fertilización se obtuvo solamente en el segundo y tercer año representando un plus de materia seca de 2238 y 1146 kg MS.ha⁻¹ respectivamente (Fig. 1a). Al analizar la producción acumulada de Festuca-Agropiro, se observó que la respuesta a la fertilización fue significativa y que la misma se hizo evidente a partir de los 584 días desde la siembra de la pastura (Fig. 2a). Además, se pudo observar que al tratamiento T tardó 426 días más que el F para acumular la misma cantidad de forraje. Si bien el nitrógeno fue un factor limitante, tal como se ha señalado anteriormente (Mills *et al.*, 2009), la respuesta a la fertilización en la consociación Festuca-Agropiro fue más baja que las que se encontraron para Pasto ovido en la misma región (Vallejo *et al.*, 2002).

En Agropiro-Alfalfa no hubo respuesta a la fertilización en ninguno de los cuatro años del estudio (Fig. 1b), y tampoco fue significativa la diferencia en producción acumulada de biomasa entre el testigo y el fertilizado (Fig. 2b). Esta falta de respuesta podría explicarse por la transferencia de nitrógeno desde la leguminosa hacia

la gramínea, provocando un impacto en la producción en el tratamiento sin fertilización (Louarn *et al.*, 2015).

En el caso de nuestro estudio la acumulación de forraje fue mayor en primavera, mientras que en las estaciones de otoño y verano las productividades fueron similares y más bajas. Los porcentajes de acumulación de materia seca fueron de 62, 13 y 25% en Festuca-Agropiro, mientras que en Agropiro-Alfalfa fueron de 59, 17 y 24% para primavera, verano y otoño respectivamente.

La EUA y el UC han sido evaluados en rotaciones basadas en cultivos agrícolas de la región semiárida pampeana (Quiroga *et al.*, 2006; Fernández *et al.*, 2012; Noellemeyer *et al.*, 2013; Civalero *et al.*, 2014), pero poca información existe en relación a pasturas. Según Hendrickson *et al.*, (2013) una manera de mejorar la EUA sería lograr que la pastura genere más biomasa con la misma cantidad de agua o utilizar menos agua para producir la misma biomasa.

Ambas pasturas tuvieron similares UC (promedios de 781 mm para Festuca-Agropiro y de 758 mm para Agropiro-Alfalfa en los cuatro años), y en promedio la EUA fue superior en Agropiro-Alfalfa (10,4 kg MS.mm⁻¹.ha⁻¹) con respecto a Festuca-Agropiro (8,5 kg MS.mm⁻¹.ha⁻¹). Al respecto Moot (2014), reportó valores de EUA en pasturas en base alfalfa de 30 kg MS mm⁻¹.ha⁻¹, pasturas de gramíneas y trébol 20 kg MS.mm⁻¹.ha⁻¹

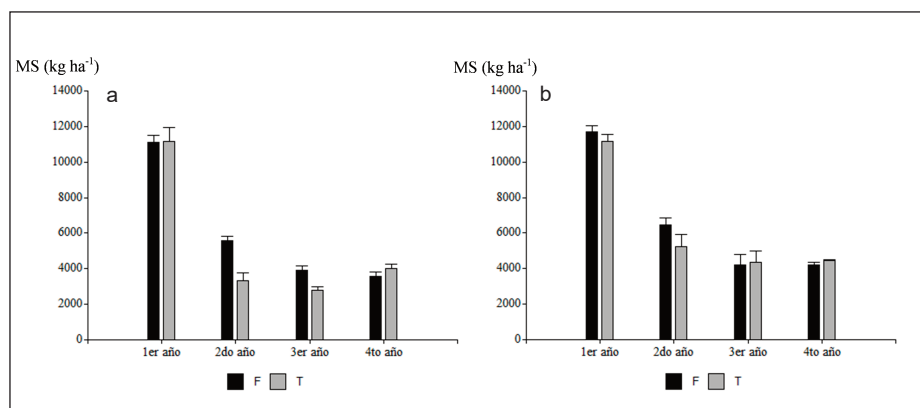


Figura 1: Producción de materia seca (MS) durante los 4 años de ensayo en a) festuca-agropiro y b) agropiro-alfalfa, en los tratamientos fertilizado (F) y sin fertilizar (T). Las barras corresponden al error estándar

Figure 1: Dry matter production (DM) during the 4 - year trial in a) fescue-wheatgrass and b) Lucerne-wheatgrass, in fertilized (F) and unfertilized (T) treatments. The bars correspond to the standard error

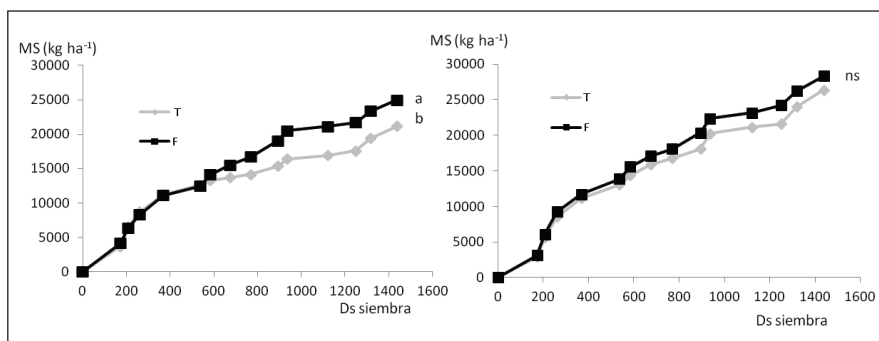


Figura 2: Producción de materia seca (MS) de testigo (T) y fertilizado (F) desde siembra hasta 1438 días en a) festuca-agropiro y b) agropiro-alfalfa

Figure 2: Production of dry matter (DM) of control (T) and fertilized (F) from sowing up to 1438 days in a) fescue-wheatgrass and b) lucerne-wheatgrass

y 10 kg MS.mm⁻¹.ha⁻¹ para pasturas de gramíneas puras.

No se encontró relación entre la producción de materia seca por corte y las precipitaciones ocurridas entre cada corte, lo cual reflejó la importancia de considerar el suelo, su textura y profundidad como factores importantes en la transferencia del agua de las precipitaciones entre distintos periodos.

La EUA fue superior el primer año evidenciando disminuciones progresivas año a año (Tabla 1). Esta tendencia podría estar asociada a las mermas en la productividad de la pastura, ya que los UC, si bien variaron, no mostraron una tendencia de disminución similar a la producción de materia seca.

Tabla 1: Uso consuntivo (UC) y eficiencia en el uso del agua (EUA) en festuca-agropiro (FA) y agropiro-alfalfa (AA).

Table 1: Consumptive water use (UC) and water use efficiency (USA) in fescue-wheatgrass (FA) and lucerne-wheatgrass (AA).

	FA		AA	
	UC (mm)	EUA kg MS.mm ⁻¹ .ha ⁻¹	UC (mm)	EUA kg MS.mm ⁻¹ .ha ⁻¹
1er año	757	15.9	731	16.1
2do año	597	9	619	11
3er año	878	5.3	889	7.9
4to año	892	4.4	792	7.8
Promedio	781 A	8,5 B	758 B	10,7 A

En general las gramíneas presentan su mayor calidad en estado vegetativo, y al pasar al estado reproductivo declina la digestibilidad in vitro de la materia seca conjuntamente con el contenido de proteína, al mismo tiempo que aumenta la pared celular o contenido de fibra (Agnusdei *et al.*, 2014). En ambas pasturas se observó que los datos promedios de la DMS fueron similares entre F y T (Tabla 2). En relación a la PB, en Festuca-Agropiro la misma fue 2.5% superior en F que en T, mientras que en Agropiro-Alfalfa no hubo diferencias. Analizando ambas pasturas, Agropiro-Alfalfa presentó mayor valor en DMS y PB, con respecto a Festuca-Agropiro. Estos resultados evidenciaron el beneficio de utilizar una fuente biológica de nitrógeno a través de la asociación con la leguminosa respecto de la fertilización inorgánica en pasturas bifíticas a base de gramíneas.

Con respecto a la calidad, se observó que en términos de producción de proteína en kg.ha⁻¹ la asociación de alfalfa con agropiro fue superior a la pastura de gramíneas. Esta última presentó mayor calidad cuando fue fertilizada, lográndose 1.115 kg.ha⁻¹ de proteína más con respecto a T. El efecto de la fertilización fue considerablemente menor en Agropiro-Alfalfa con una diferencia entre T y F de 467 kg.ha⁻¹ (Fig. 3).

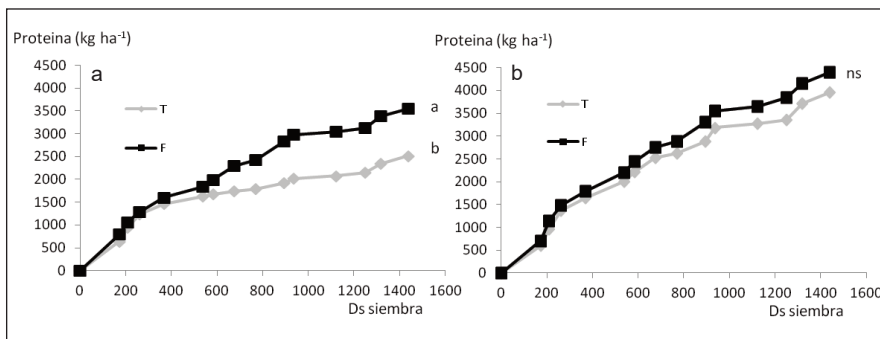


Figura 3. Contenido de proteína en la materia seca de testigo (T) y fertilizado (F) desde la siembra hasta los 1319 días en a) Festuca-Agropiro y b) Alfalfa-Agropiro

Figure 3. Protein content in the dry matter of control (T) and fertilized (F) from sowing to 1319 days in a) fescue + wheatgrass and b) Lucerne + wheatgrass

En promedio, la pastura Festuca-Agropiro produjo por día 1,8 y 2,6 kg.ha⁻¹ de proteína para T y F respectivamente, mientras que Agropiro-Alfalfa presentó valores mayores de 2,8 y 3,1 kg.ha⁻¹ de proteína para T y F respectivamente.

El costo hídrico para la producción de este indicador de calidad para la pastura Festuca-Agropiro fue 1,07 kg de proteína ha⁻¹.mm⁻¹ y en Agropiro-Alfalfa 1,51 kg de proteína ha⁻¹.mm⁻¹.

Resulta importante destacar que si bien la respuesta a la fertilización en cuanto a producción de forraje se constató aproximadamente a los 584 días desde la siembra de la pastura (Fig. 2), la mayor producción de proteína debido a la fertilización resultó evidente a los 369 días de la siembra. Lo cual indicaría que el efecto de la fertilización se hizo presente primero en la calidad del forraje producido y luego en la cantidad del mismo.

CONCLUSIONES

La consociación Agropiro-Alfalfa presentó mayor producción, mejor calidad (proteína, di-

Tabla 2: Digestibilidad de la materia seca (DMS, %) y proteína bruta (PB, %) en testigo (T) y fertilizado (F) en muestras compuestas de materia seca de Festuca-Agropiro (FA) y Agropiro-Alfalfa (AA) en los cortes sucesivos

Table 2: Dry matter digestibility (DMD,%) and crude protein (CP%) in control (T) and fertilized (F) on composite samples of dry matter Fescue-wheatgrass (FA) and Lucerne-wheatgrass (AA) in successive cuts

Corte	FA				AA			
	T		F		T		F	
	DMS	PB	DMS	PB	DMS	PB	DMS	PB
1	59,1	17,5	59,6	19,3	59,7	20,7	61,0	22,4
2	55,9	10,6	55,3	12,0	56,5	13,2	57,8	14,5
3	55,5	13,0	56,0	11,9	59,2	14,1	59,6	11,1
4	54,2	9,6	58,1	10,9	54,5	10,6	58,0	12,3
5	58,1	11,4	57,8	17,2	61,6	19,2	60,1	18,9
6	56,7	8,0	56,6	9,9	61,0	15,6	61,0	14,9
7	56,3	14,7	59,9	21,2	59,5	20,4	60,06	20,1
Promedio	56,5	12,1	57,6	14,6	58,8	16,2	59,7	16,3

gestibilidad) comparado con Festuca-Agropiro. Mientras que en la pastura de gramíneas la respuesta a la fertilización fue significativa, incidiendo tanto sobre biomasa como en el contenido de proteína. También se observó que el efecto de la fertilización en Festuca-Agropiro se tradujo en primera instancia en la calidad y luego en la cantidad del forraje producido.

Ambas pasturas produjeron mayor biomasa en su 1er año, disminuyendo de manera importante su producción a través del tiempo. La EUA fue muy alta en su primer año de producción disminuyendo en los siguientes años, y en promedio la EUA fue superior en Agropiro-Alfalfa con respecto a Festuca-Agropiro.

Se debería continuar evaluando por más tiempo la producción de Festuca-Agropiro y Agropiro-Alfalfa en relación a los requerimientos hídricos, nutricionales, calidad y sus efectos sobre la incidencia en propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos.

AGRADECIMIENTOS

Descamos agradecer a Ignacio Ávila de la empresa Gentos por brindar la semilla para realizar la siembra de la pastura, al PRET (1282101) y Proyectos Nacionales del INTA (1133033 y 1127032) por financiar la experiencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Agnusdei M. 2014. Agropiro, la pastura que rehabilita suelos marginales. <http://intainforma.inta.gov.ar/>.
- Agnusdei M., S. Assuero, F. Lattanzi & M. Marino. 2010. Critical N concentration can vary with growth conditions in forage grasses: implications for plant N status assessment and N deficiency diagnosis. *Nutr Cycl Agroecosyst*.
- Agnusdei M., O. Di Marco, A. Marino, P. Errecart & J. Insúa. 2014. Festuca alta: una mirada ecofisiológica para entender y manejar la producción, calidad y eficiencia de utilización del forraje. XXII reunión anual de forrajeras. INTA pergamino.
- Bauder J., A. Bauer, J. Ramirez & D. Cassel. 1978. Alfalfa water use and production on dryland and irrigated sandy loam. *Agron. J.* 70: 95-99.
- Berdahl J., J. Karn & J. Hendrickson. 2001. Dry matter yields of cool-season grass monocultures and grass-alfalfa binary mixtures. *Agron. J.* 93: 463-467.
- Carámbula M. 2007. Las gramíneas. Pasturas y forrajes potenciales y alternativas para producir forrajes. Agropecuaria Hemisferio Sur S.R.L. Bs As. pp. 108-111.
- Hendrickson J., M. Liebig & J. Berdahl. 2008. Responses of medicago sativa and M. falcate type alfalfas to different defoliation times and grass competition. *Can. J. Plant Sci.* 88: 61-69.
- Hendrickson J., M. Schmer & M. Sanderson. 2013. Water Use Efficiency by Switchgrass Compared to a Native Grass or a Native Grass Alfalfa Mixture. University of Nebraska – Lincoln. DigitalCommons@University of Nebraska.
- Louarn G., E. Pereira-Lops, J. Fustec, B. Mary, A. Voisin, P. de Faccio Carvalho & F. Gastal. 2015. The amounts and dynamics of nitrogen transfer to grasses differ in alfalfa and white clover-based grass-legume mixtures as a result of rooting strategies and rhizodeposit quality. *Plant Soil* 389: 289-305.
- Mills A., D. Moot & P. Jamieson. 2009. Quantifying the effect of nitrogen of productivity of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) pastures. *Euro-pean J. Agron.* 30: 63-69.
- Moot D. 2014. A review of recent research and extension on dryland lucerne in New Zealand. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production 74: 86-93.
- Parsons J., G. Edwards, P. Newton, D. Chapman, J. Caradus, S. Rasmussen & J. Rowarth. 2010. Past lessons and future prospects: plant breeding for yield and persistence in cool-temperate pastures. *Grass and Forage Science*
- Ruiz M., E. Adema, T. Rucci & F. Babinec. 2004. Publicación Técnica N° 54. EEA INTA Anguil. 36p.
- Sevilla G. & M. Spada. 2012. Avances en agropiro alargado. INTA.
- Sleugh B., K. Moore, J. George & E. Brummer. 2000. Binary legume-grass mixtures improve forage yield, quality, and seasonal distribution. *Agron. J.* 92: 24-29.
- Stout W., G. Jung & J. Shaffer. 1988. Effects of soil and nitrogen on water use efficiency of tall fescue and switchgrass under humid conditions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52: 429-434.
- Vallejo A., R. Souto & A. Quiroga. 2002. Siembra directa y fertilización en sistemas ganaderos de la región semiárida. INTA Anguil, Bol. Div. Téc. 74: 1-13.
- Viglizzo E.F., L.V. Carreño, H. Pereyra, F. Ricard, J. Clatt & D. Pincén. 2010. Dinámica de la frontera agropecuaria y cambio tecnológico. In: Expansión de la frontera agropecuaria y su impacto ecológico-ambiental (E.F. Viglizzo y E. Jobágy eds). INTA. pp 10-16.