

# Producción de biomasa, cobertura y calidad forrajera de *Chloris gayana* y *Panicum coloratum* en un suelo alcalino sódico de la Depresión del Salado

PESQUEIRA, J.<sup>1</sup>; OTONDO, J.<sup>2</sup>; GARCÍA, M.D.<sup>1</sup>

## RESUMEN

La expansión agrícola, que viene ocurriendo en la región durante las últimas dos décadas, no solo redujo considerablemente la superficie ganadera, sino que la desplazó hacia zonas marginales. En este contexto, la incorporación de especies que mejoren la productividad, la calidad forrajera y la disponibilidad a lo largo del año es un aporte al potencial de desarrollo pecuario de la región. *Panicum coloratum* y *Chloris gayana* son gramíneas perennes subtropicales, utilizadas en otras zonas como forrajeras y caracterizadas por tolerar diferentes tipos de estrés (sequía, salinidad, anegamiento, alcalinidad y heladas). En este trabajo evaluamos el comportamiento de *Panicum coloratum* cv. Klein Verde y *Chloris gayana* cv. Finecut durante cuatro ciclos de crecimiento en un suelo alcalino sódico de la Cuenca del Salado, y comparamos los resultados con el pastizal natural y con *Agropyron elongatum*. En promedio de los cuatro ciclos de crecimiento, *P. coloratum* ( $1.390,32 \pm 73,96 \text{ kg ha}^{-1}$ ) superó a *A. elongatum* ( $1.081,26 \pm 73,96 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y al pastizal ( $961,18 \pm 73,96 \text{ kg ha}^{-1}$ ), y no se diferenció estadísticamente de *C. gayana* ( $1.147,18 \pm 73,96 \text{ kg ha}^{-1}$ ). *Cynodon dactylon* se destacó por estar siempre presente y ser la segunda especie en orden, según el porcentaje de cobertura de las parcelas sembradas; esto pudo haber limitado la expresión de las especies subtropicales. La calidad forrajera en términos de digestibilidad y contenido de fibra, no mostró diferencias entre los materiales evaluados. El contenido de proteína bruta en *P. coloratum* y *C. gayana* no se diferenció del que registramos en el pastizal, pero fue menor que el de *A. elongatum*.

**Palabras clave:** forrajeras, subtropicales, pastizal natural, *Agropyron elongatum*.

## ABSTRACT

*Agricultural expansion, which has been occurring in the region during the last two decades, has not only reduced considerably livestock production but also displaced it to marginal areas. In this context, the incorporation of species that improve productivity, forage quality and availability throughout the year, is a contribution to the livestock development potential in the region. Panicum coloratum and Chloris gayana are subtropical perennial grasses, used in other areas as fodder and characterized by its tolerance to different stresses (drought, salinity, waterlogging, alkalinity and frost). In this work we evaluate the behavior of Panicum coloratum*

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Facultad de Ciencias Agrarias, Ruta 4 km 2 (1836) Llavallol, Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Cuenca del Salado, (7130) Chascomús, Buenos Aires, Argentina.

*tum* cv. Klein Verde and *Chloris gayana* cv. Finecut during four growth cycles in an alkaline / sodic soil in the Salado River Basin, and we compared the results with the natural grassland and with *Agropyron elongatum*. *Cynodon dactylon* stood out for being always present and second in order according to the cover percentage in the planted plots; which may have limited the expression of subtropical species. On the average of the four growth cycles, *P. coloratum* ( $1390.32 \pm 73.96 \text{ kg ha}^{-1}$ ) exceeded *A. elongatum* ( $1081.26 \pm 73.96 \text{ kg ha}^{-1}$ ) and the natural grassland ( $961.18 \pm 73.96 \text{ kg ha}^{-1}$ ), and was not statistically different from *C. gayana* ( $1147.18 \pm 73.96 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Forage quality in terms of digestibility and fiber content did not show differences between the evaluated materials. The crude protein content in *P. coloratum* and *C. gayana* was not different from that recorded in the natural grassland but was lower than that of *A. elongatum*.

**Keywords:** Forages, subtropical, natural grassland, *Agropyron elongatum*.

## INTRODUCCIÓN

El 24% de la superficie de la provincia de Buenos Aires está ocupada por suelos hidrohalmórficos y, al menos el 68% de estos, o sea 4,75 millones de ha, se hallan en la Pampa Deprimida (Miaczynski, 1995; Vazquez *et al.*, 2001). Esta región se caracteriza por tener relieve llano (0,01% de pendiente promedio) con sistemas fluviales poco desarrollados (Tricart, 1973), y suelos Natracuoles asociados con Natracualfes y Natralboles, que presentan un horizonte arcilloso, baja permeabilidad y alto contenido de sales sódicas (Vázquez y Rojas, 2006; Imbellone *et al.*, 2010). El clima es templado subhúmedo y las lluvias se distribuyen a lo largo de todo el año. Sin embargo, frecuentemente se produce déficit hídrico en verano y exceso hídrico en invierno, lo cual, sumado al drenaje lento y al carácter alcalino sódico de los suelos, determina que sea frecuente la alternancia de sequía y anegamiento, respectivamente (Damario y Pascale, 1988; Crescimanno *et al.*, 1995).

La diversidad florística del pastizal natural de la Pampa Deprimida está asociada con la heterogeneidad geomorfológica y edafológica (Batista *et al.*, 2005) y satisface las necesidades de una ganadería de bajos requerimientos, como es la cría de ganado vacuno (Vázquez *et al.*, 2001; Vázquez y Rojas, 2006; Vázquez *et al.*, 2006). La expansión agrícola que viene ocurriendo en la región durante las dos últimas décadas provocó una reducción importante de la superficie ganadera (Rearte, 2011), la cual quedó desplazada hacia zonas marginales. Según el Programa Provincial de Producción de Ganados y Carnes del Ministerio de Asuntos Agrarios de la provincia de Buenos Aires (MAA, 2010), el potencial de desarrollo pecuario en esta región estaría basado, por un lado, en un incremento de la eficiencia en el manejo del ganado y su mejora genética y, por otro lado, en la incorporación de una adecuada oferta forrajera, con mejora en la calidad y disponibilidad a lo largo del año.

En este contexto, *Agropyron elongatum* (Host) P. Beauv. juega un rol fundamental por tratarse de una pastura que rehabilita suelos marginales y mejora su capacidad productiva con elevada producción de forraje de calidad durante el

invierno (Agnusdei *et al.*, 2011; Acuña *et al.*, 2014; Borrajo y Cuenca, 2016). *Panicum coloratum* y *Chloris gayana* son gramíneas perennes subtropicales caracterizadas por la producción de biomasa estival con valor nutritivo aceptable (Stritzler, 2008; Avila *et al.*, 2014) y tolerancia, en diferente medida, a la sequía (Ghannoum, 2009; Ponsens *et al.*, 2010), salinidad (Taleisnik *et al.*, 1998; Ribotta *et al.*, 2013), períodos cortos de anegamiento (Imaz *et al.*, 2012; Imaz *et al.*, 2015), alcalinidad (Bui, 2013; García *et al.*, 2015; Avaca *et al.*, 2015) y heladas (Jones, 1969; Pesqueira *et al.*, 2016).

Hasta el momento, los estudios sobre *C. gayana* y *P. coloratum* realizados en la región mostraron, por un lado, lento establecimiento de ambas especies en un suelo natracualf (Otondo, 2011), con un comportamiento destacado de las variedades Finecut de *C. gayana* y Klein Verde de *P. coloratum* (Borrajo *et al.*, 2014), y producciones que duplicaron a la estepa de halófitas durante el año de implantación (Pérez *et al.*, 2007). Por otro lado, hay estudios que mostraron la buena recuperación de ambas especies luego de los períodos invernales (Otondo, 2011), la producción de biomasa seca aérea superior al pastizal natural en un suelo degradado por sobrepastoreo y la perennidad de 3 años en *C. gayana* y 5 años en *P. coloratum*, con respuestas significativas a la fertilización nitrogenada ( $75 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (Pesqueira *et al.*, 2016).

Con respecto a la calidad forrajera, los antecedentes que existen para *P. coloratum* y *C. gayana*, en general, muestran valores inferiores al de las especies de zonas templadas, pero con manejo adecuado se pueden lograr niveles compatibles con los requerimientos más exigentes de los rodeos de cría (Stritzler, 2008; Ferri, 2011; Monti *et al.*, 2013).

Para estudiar el comportamiento de *Panicum coloratum* cv. Klein Verde y *Chloris gayana* cv. Finecut en un suelo alcalino/sódico de la Cuenca del Salado se plantearon los siguientes objetivos: i) evaluar la implantación y la evolución de la cobertura; ii) evaluar la producción de biomasa durante 4 años; iii) determinar la calidad forrajera; iv) comparar los resultados con el pastizal natural y con *Agropyron elongatum*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material vegetal

Las especies subtropicales evaluadas fueron *Panicum coloratum* cv. Klein Verde y *Chloris gayana* cv. Finecut (ambas cedidas por la semillera Peman) y se las comparó con *Agropyron elongatum* cv. Hulk (cedida por Gentos) y con el pastizal natural del sitio experimental (control).

### Sitio experimental

El ensayo se realizó en la Chacra Experimental Integrada Chascomús (35° 44' 39" S y 58° 03' 25" O), ubicada en la Depresión del Salado dentro de la Pampa Deprimida (prov. de Buenos Aires). Las características del suelo (pH=9,8; Cs=0,69 dS m<sup>-1</sup> y PSI=26,2%) se determinaron sobre muestras colectadas al azar (0-20 cm de profundidad) dentro de las parcelas experimentales. Las temperaturas medias y las precipitaciones acumuladas durante el período evaluado se detallan en la tabla 1.

### Condiciones de cultivo

La siembra de las parcelas (63 m<sup>2</sup>) se realizó durante el año 2012, en mayo se sembró el *A. elongatum* (32,5 kg ha<sup>-1</sup>) y el 7 de noviembre se sembraron *P. coloratum* (13,7 kg ha<sup>-1</sup>) y *C. gayana* (16,4 kg ha<sup>-1</sup>). En ambos casos se utilizó una máquina de siembra directa a chorrillo, regulada a 0,5 cm de profundidad y a una distancia entre hileras de 0,175 m. Previo a la siembra, las parcelas se pulverizaron con glifosato (5 L ha<sup>-1</sup>) y no hubo remoción mecánica del suelo.

### Parámetros evaluados

Para evaluar la implantación, en una superficie conocida (1 m<sup>2</sup>) y al final del primer ciclo de crecimiento, se realizaron recuentos (n=9) de plantas y se determinaron las densidades logradas. La biomasa seca aérea (BSA) total de todas las parcelas se calculó sobre la base de cosechas periódicas en una superficie conocida ( $\cong$  9 m<sup>2</sup>) durante los meses de crecimiento (de octubre a abril) de las especies

subtropicales. En cada ciclo de crecimiento se realizaron en promedio dos cortes de cada parcela, dejando un remanente de 7 cm de altura. El material cosechado se pesó *in situ*, se fraccionó una muestra que se secó en estufa a 70 °C hasta peso constante y se extrapó a productividad por hectárea. La cobertura vegetal se determinó visualmente con un cuadrado de corte (1 m<sup>2</sup>) arrojado al azar (n = 4) en cada fecha de cosecha.

En la cosecha realizada durante marzo de 2015 se separaron muestras de material vegetal para el análisis de calidad forrajera. Los parámetros evaluados fueron proteína bruta (PB), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), lignina y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS). Las muestras secas, molidas y tamizadas se enviaron al Laboratorio de análisis de forraje del área de Producción Animal de la Estación Experimental Agropecuaria de INTA Rafaela.

### Análisis de datos

El diseño experimental consistió en un DBCA con 3 repeticiones. Los datos se analizaron mediante ANVA y el test de comparación de medias de Tukey ( $\alpha= 0,05$ ) agrupados de la siguiente manera: i) un factorial de 2 (especie) x 3 (bloque) para evaluar la densidad de plantas logradas y la cobertura durante el primer ciclo de crecimiento, ii) un factorial de 3 (especie) x 4 (ciclo de crecimiento) para evaluar la evolución de la cobertura de las especies sembradas; iii) un factorial de 4 (recurso forrajero) x 4 (ciclo de crecimiento) para evaluar la productividad por hectárea y la calidad forrajera.

## RESULTADOS

Previo a la disminución de las temperaturas (161 días de la siembra), se evaluó la implantación de las especies subtropicales; la densidad de plantas de *C. gayana* y *P. coloratum* no mostró diferencias entre especies ni variación significativa entre bloques (tabla 2). Los porcentajes de cobertura de la especie dominante y de otras especies tampoco fueron diferentes entre las parcelas de *C. gayana*

Año	Ciclo de crecimiento	TM (°C) Octubre a Abril	PA (mm)	
			Mayo a Septiembre	Octubre a Abril
2012-2013	1.º	19,8	341	690
2013-2014	2.º	18,8	220	566
2014-2015	3.º	20,5	480	549
2015-2016	4.º	17,7	428	621
Promedio histórico (1977-2016)			319	721

**Tabla 1.** Temperatura media (TM) y precipitaciones acumuladas (PA) durante los períodos evaluados, provincia de Buenos Aires. Fuente: INTA Chascomús.

y *P. coloratum*. El porcentaje de suelo desnudo fue mayor en las parcelas de *P. coloratum* que en las de *C. gayana* y no hubo interacción significativa con los bloques (tabla 2).

La especie dominante en las parcelas control fue *Cynodon dactylon*, con una cobertura promedio del  $69,03 \pm 3,68\%$ , seguida por *Diplachne uninervia*, *Chaetotropis chilensis* y *Setaria* sp. y el porcentaje de cobertura total del pastizal natural nunca fue menor al 90%.

Entre bloques no hubo diferencias significativas para las variables en estudio (tabla 2).

La interacción entre especies (*A. elongatum*, *C. gayana* y *P. coloratum*) y ciclos de crecimiento fue significativa para el porcentaje de cobertura total de las parcelas; mientras que dicho porcentaje en las parcelas de *P. coloratum* no mostró variación entre ciclos, en las parcelas de *C. gayana* y *A. elongatum* se observó una disminución durante el 3.º ciclo (figura 1).

El porcentaje de cobertura de la especie dominante varió dependiendo del ciclo de crecimiento y de la especie. Durante el 2.º ciclo, en general, el porcentaje de especie dominante fue mayor que durante el 3.º; y el porcentaje de cobertura de *C. gayana* como especie dominante de la parcela siempre fue mayor que el de *P. coloratum*, independientemente del ciclo de crecimiento (figura 1).

La presencia de otras especies que aparecieron en los registros de cobertura cambiaron según las condiciones climáticas del año; sin embargo, *Cynodon dactylon* se destacó por estar siempre presente y ser la segunda especie en orden, según el porcentaje de cobertura de las parcelas sembradas. Las otras especies encontradas fueron *Diplachne uninervia*, *Chaetotropis elongata*, *Setaria* sp., *Lotus tenuis*, *Sporobolus indicus*, *Digitaria sanguinalis*, *Festuca arundinaceae*, *Senecio madagascariensis*, *Ambrosia tenuifolia*, *Coniza bonariensis* y *Distichlis spicata*, ordenadas de mayor a menor según la cantidad de veces y la proporción en la que aparecían.

La producción de BSA, en general, fue afectada por el ciclo de crecimiento, sin interacción con el factor recurso forrajero ( $p = 0,1131$ ). La BSA de *C. gayana* y *P. coloratum* (figura 2), en el período de enero a abril de 2013 (1.º ciclo de crecimiento), fue superior a la del pastizal natural, y en el caso de *C. gayana* también superó a la de *A. elongatum* ( $p = 0,0076$ ). Durante el 3.º ciclo de crecimiento, *P. coloratum* cv. Klein Verde produjo 36% más BSA que el promedio entre el pastizal natural, *A. elongatum* y *C. gayana*. En el 2.º y en el 4.º ciclo de crecimiento no hubo diferencias entre los recursos forrajeros evaluados.

En promedio de los 4 ciclos de crecimiento, *P. coloratum* ( $1.390,32 \pm 73,96 \text{ kg ha}^{-1}$ ) superó a *A. elongatum* ( $1.081,26 \pm 73,96 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y al pastizal ( $961,18 \pm 73,96 \text{ kg ha}^{-1}$ ), y no se diferenció estadísticamente de *C. gayana* ( $1.147,18 \pm 73,96 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Los valores de la calidad forrajera de *C. gayana*, *P. coloratum*, *A. elongatum* y el pastizal natural fueron similares para los parámetros FDN ( $p = 0,3380$ ), FDA ( $p = 0,2321$ ) y DIVMS ( $p = 0,1910$ ) (tabla 3). La PB de *P. coloratum* y *C. gayana* no fue diferente a la del pastizal, pero fue menor que la de *A. elongatum* ( $p = 0,0049$ ). El porcentaje de lignina en el tejido de *C. gayana* fue menor que en el de *A. elongatum*, y no se diferenció del de *P. coloratum* ni del pastizal ( $p = 0,0272$ ; tabla 3).

## DISCUSIÓN

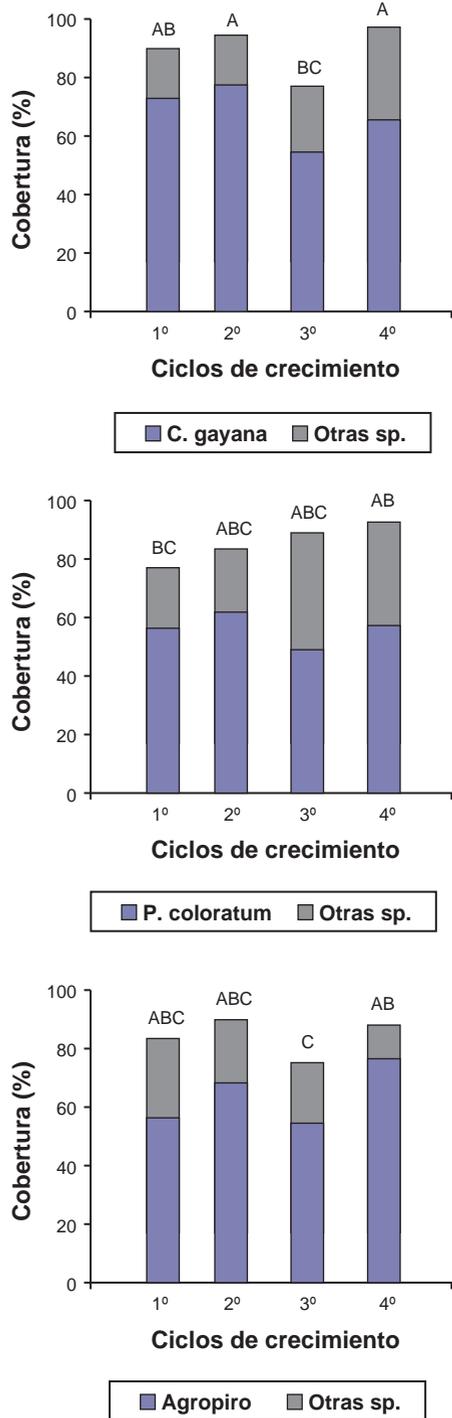
Las densidades de plantas logradas en las parcelas de *C. gayana* y *P. coloratum* (tabla 2) fueron comparables con valores obtenidos en otros estudios realizados en suelos bajos, salino-alcálicos y con problemas de halomorfismo (Otondo, 2011; Martín *et al.*, 2012; Borrajo, 2015). Martín *et al.*, (2012) duplicaron la densidad de plantas (plantas  $\text{m}^{-2}$ ) cuando sembraron *C. gayana* cv. Katambora en un suelo sin tapiz vegetal y en líneas ( $21,40 \pm 4,2$ ), en comparación con la siembra al voleo ( $10,54 \pm 5,6$ ). En ensayos previos

Especie	Densidad (plantas $\text{m}^{-2}$ )	Cobertura (%)		
		Especie dominante <sup>(1)</sup>	Otras especies <sup>(2)</sup>	Suelo desnudo
<i>C. gayana</i>	$16,2 \pm 2,87 \text{ a}$	$76,1 \pm 7,16 \text{ a}$	$15,56 \pm 7,66 \text{ a}$	$8,33 \pm 1,67 \text{ a}$
<i>P. coloratum</i>	$18,2 \pm 6,01 \text{ a}$	$55,6 \pm 8,84 \text{ a}$	$21,67 \pm 8,33 \text{ a}$	$22,78 \pm 5,96 \text{ b}$
Interacción Bloque x Especie	$p = 0,0693$	$p = 0,7511$	$p = 0,3551$	$p = 0,1507$
Bloque	$p = 0,1116$	$p = 0,8092$	$p = 0,5785$	$p = 0,5104$
Especie	$p = 0,3989$	$p = 0,1290$	$p = 0,6059$	$p = 0,0296^*$

**Tabla 2.** Densidad de plantas logradas (plantas  $\text{m}^{-2}$ ) y cobertura (%) de la especie dominante, de otras especies y del suelo desnudo, en las parcelas de *C. gayana* y *P. coloratum*, en abril de 2013 (1.º ciclo de crecimiento). Los datos son promedio de 3 bloques con 9 repeticiones (densidad) y 3 repeticiones (cobertura), todos expresados como la media  $\pm$  ee. Letras distintas en la columna y \*, indican diferencias significativas (Tukey;  $p < 0,05$ ).

<sup>(1)</sup>: *C. gayana* y *P. coloratum*, respectivamente.

<sup>(2)</sup>: *Cynodon dactylon*, *Diplachne uninervia*, *Setaria* sp., *Chaetotropis elongata*.



	Cobertura (%)	
	Total	Especie dominante
Especie x Ciclo	p= 0,0155 *	p= 0,4568
Especie	p= 0,0163 *	p= 0,0451 *
Ciclo	p<0,0001 *	p= 0,0223 *

**Figura 1.** Evolución de la cobertura total y de la especie dominante en las parcelas de *A. elongatum*, *C. gayana* y *P. coloratum* durante los 4 ciclos de crecimiento en la Depresión del Salado. Los datos son promedio de 3 repeticiones y las letras diferentes sobre las barras de la cobertura total, indican diferencia significativa en la interacción entre especies y ciclos (Tukey;  $p < 0,05$ ).

de nuestro grupo, comprobamos que la siembra en línea a 0,5 cm de profundidad incrementó la densidad de plantas de *C. gayana* y *P. coloratum* por metro cuadrado (5 y 6 veces, respectivamente) comparada con la siembra superficial; y que la fertilización de base con fósforo no afectó la emergencia (Otondo *et al.*, 2014). Borrajo (2015), en un bajo de la Depresión del Salado, registró una densidad promedio para *C. gayana* y *P. coloratum* de 37 plantas m<sup>-2</sup> cuando la siembra se llevó a cabo en octubre, mientras que dicho promedio disminuyó a 20 para la siembra de noviembre.

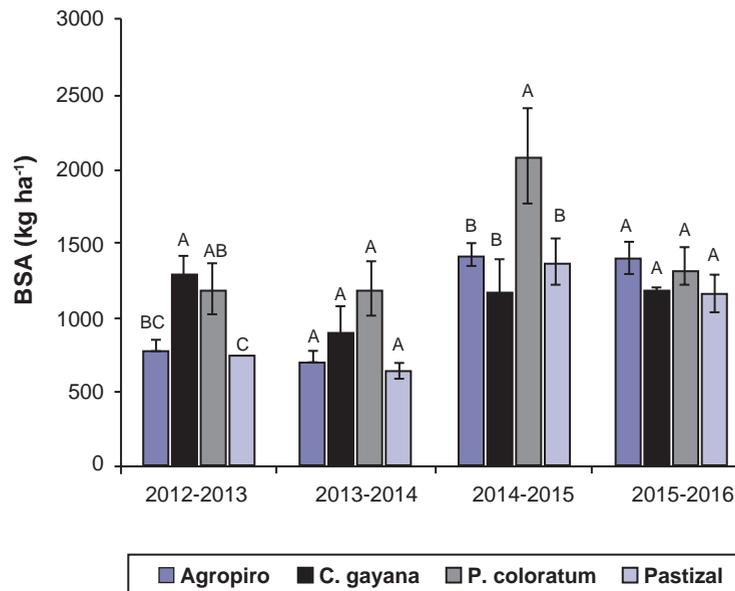
El porcentaje de suelo desnudo fue mayor en las parcelas de *P. coloratum* que en las de *C. gayana* (tabla 2); esto puede deberse al porte rastroero que presenta *C. gayana*, que determina en poco tiempo mayor cobertura (Avila *et al.*, 2012). *C. gayana* se caracteriza por ser estolonífera, formar raíces en los nudos y, como consecuencia, cubrir el suelo eficientemente (Martin, 2010; Avila *et al.*, 2014). Otondo (2011) también registró mayor porcentaje de suelo desnudo en *P. coloratum* que en *C. gayana* (12% y 5%, respectivamente), y ambos significativamente inferiores al del pastizal natural, que en ese caso estaba dominado por *Distichlis spicata* donde más de la mitad del suelo permaneció sin cobertura. La especie dominante en las parcelas control de nuestro trabajo fue *Cynodon dactylon*, con una cobertura promedio del 69%, seguida por *Diplachne univernia*, *Chaetotropis chilensis* y *Setaria sp.*; y, a diferencia de lo observado por Otondo (2011), el porcentaje de cobertura total del pastizal natural nunca fue menor al 90% (tabla 2). *Cynodon dactylon* tiene un ciclo de crecimiento similar a las especies subtropicales, con rebrote anticipado y la presencia simultánea de estolones aéreos y rizomas subterráneos, esto le da una ventaja a la hora de competir por el uso de recursos (Dong y de Kroon, 1994).

En el invierno del año 2014 (previo al 3.º ciclo de crecimiento) las precipitaciones fueron abundantes, 50,5% más que el promedio histórico del lugar, y en los meses cálidos del 2014-2015, las lluvias fueron escasas, 24% menos que el promedio. Estas condiciones podrían explicar la pérdida de plantas (menor cobertura) que se observó, en general, durante el 3.º ciclo de crecimiento (figura 1).

A diferencia de lo que observamos en trabajos anteriores (Pesqueira *et al.*, 2016) y de lo publicado por otros autores (Ré, 2013), *P. coloratum* cv Klein Verde se estableció rápidamente, con porcentajes de cobertura cercanos a los de *C. gayana* (tabla 2 y figura 1). En bajos alcalinos del sur de Santa Fe, en *C. gayana* también observaron tolerancia a la sodicidad y una rápida cobertura del suelo por su alta capacidad de macollaje y estolonización (Monti *et al.*, 2013).

En los años 2013-2014 se registraron déficits hídricos, 31,5% en el invierno y 21,6% durante el período de noviembre a febrero, con respecto a la media histórica del lugar (tabla 1). Durante este ciclo de crecimiento no se registraron diferencias en la producción de BSA entre los materiales, y el promedio general fue menor que durante los ciclos siguientes (figura 2).

En esta zona, *C. gayana* y *P. coloratum* dejan de crecer durante los inviernos, y durante la primavera y verano si-



**Figura 2.** BSA ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de *C. gayana*, *P. coloratum*, *A. elongatum* y del pastizal natural durante cuatro ciclos de crecimiento en un suelo alcalino sódico de la Depresión del Salado. Los datos son promedio de 3 repeticiones y las letras diferentes dentro de cada ciclo de crecimiento indican diferencia significativa entre especies (Tukey,  $p < 0,05$ ).

Recurso forrajero	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	Lignina (%)	DIVMS (%)
<i>C. gayana</i>	5,63 ±0,46 b	66,1 ±1,51 a	35,2 ±1,70 a	4,38 ±0,43 b	40,7 ±2,72 a
<i>P. coloratum</i>	5,97 ±0,50 b	66,1 ±2,26 a	32,4 ±1,21 a	5,24 ±0,80 ab	44,9 ±4,68 a
Pastizal	7,67 ±1,34 ab	62,3 ±7,97 a	31,8 ±3,25 a	5,61 ±0,93 ab	45,7 ±3,93 a
<i>A. elongatum</i>	9,58 ±1,35 a	59,8 ±4,04 a	32,2 ±1,19 a	6,48 ±0,22 a	47,7 ±2,49 a

**Tabla 3.** Calidad nutricional a los 3 años de cultivo (marzo de 2015) de los recursos forrajeros evaluados en un suelo alcalino-sódico de la Depresión del Salado. PB: proteína bruta; FDN: fibra detergente neutra; FDA: fibra detergente ácida; DIVMS: digestibilidad *in vitro* de la materia seca. Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas (Tukey,  $\alpha = 0,05$ ).

güentes las tasas de crecimiento comienzan a incrementarse (Pesqueira *et al.*, 2015; Pesqueira *et al.*, 2016). En general, los resultados de producción de BSA concuerdan con lo observado por Otondo (2011), aunque en nuestro caso los valores fueron más bajos, posiblemente debido a las condiciones climáticas desfavorables y a la fuerte presencia y competencia de *Cynodon dactylon*. Con respecto al promedio histórico local, hubo excesos de precipitaciones durante los inviernos previos al 3.<sup>er</sup> (50,5%) y 4.<sup>o</sup> ciclo (34%), y déficit (de 5 a 24%) durante los meses de crecimiento de las especies subtropicales (tabla 1). Sin embargo, durante los períodos evaluados, las producciones de BSA de *C. gayana* y *P. coloratum* igualaron y hasta llegaron a superar al pastizal natural y al *A. elongatum* (figura 2). Imaz *et al.* (2015) observaron mayor tolerancia a períodos de anegamiento durante el invierno en *P. coloratum* que en *C. gayana*, lo cual podría explicar la recuperación y mayor producción de *P. coloratum* durante el 3.<sup>o</sup> ciclo (36% más

de BSA), respecto al promedio de los otros recursos forrajeros evaluados.

La calidad forrajera de *C. gayana*, *P. coloratum*, *A. elongatum* y el pastizal natural muestra valores similares para los parámetros FDN, FDA y DIVMS (tabla 3). Según Avila *et al.* (2010 y 2012), la calidad forrajera en términos de contenido en fibra y digestibilidad no es una propiedad estática de la especie, sino que es una característica plástica que puede ser modificada y mejorada controlando la altura de la pastura. Ellos observaron que el manejo del régimen de defoliación en *C. gayana* mejoró significativamente la digestibilidad de la pastura durante el rebrote otoñal, igualándola a la de *A. elongatum*. Los valores de PB que registramos para *P. coloratum* y *C. gayana* no fueron diferentes a los del pastizal, pero fueron menores que los de *A. elongatum* (tabla 3). En *P. coloratum* cultivado en la Región Pampeana semiárida, Ferri (2011) observó que la acumulación

de BSA se incrementó con el tiempo térmico, mientras que el porcentaje de PB en la biomasa total disminuyó; esta disminución se correspondió con una reducción en la proporción de lámina verde. Los cambios en la estructura y en el valor nutritivo de la pastura durante la estación de crecimiento son determinantes del manejo para aplicar (Ferri, 2011).

El contenido de lignina se incrementa con la edad de la planta y disminuye la digestibilidad del forraje (Moore y Jung, 2001). A pesar de que no detectamos diferencias en la DIVMS, el contenido de lignina de *C. gayana* fue menor que el de *A. elongatum* (tabla 3).

La presencia de *Cynodon dactylon* como principal competidora en las parcelas pudo haber limitado la expresión de las especies subtropicales por tener un ciclo de crecimiento similar, e incluso rebrotar un poco antes y competir por el uso de recursos. En este sentido, lo observado por Borrajo (2015) sugiere que podríamos mejorar la densidad de plantas logradas si adelantamos la siembra de noviembre a octubre. De esta manera priorizar, en primera instancia, el establecimiento de *C. gayana* y *P. coloratum*, y consecuentemente, mejorar la productividad por hectárea.

## CONCLUSIONES

Después de cuatro ciclos de crecimiento en un suelo alcalino-sódico (pH=9,8; Cs=0,69 dS m<sup>-1</sup> y PSI=26,2%) de la Depresión del Salado, con condiciones climáticas diversas entre años, *P. coloratum* cv. Klein Verde y *C. gayana* Finecut, mantuvieron su perennidad y siguieron produciendo biomasa con calidad forrajera aceptable. *P. coloratum*, en promedio de los ciclos evaluados, superó en productividad al agropiro y al pastizal, y no se diferenció de *C. gayana*. La calidad forrajera en términos de digestibilidad y contenido de fibra, no mostró diferencias entre los materiales evaluados. El contenido de proteína bruta en *P. coloratum* y *C. gayana* no se diferenció del que registramos en el pastizal, pero fue menor que el de *A. elongatum*.

## AGRADECIMIENTOS

Al personal técnico y de apoyo de la Chacra Experimental Manantiales y de INTA EEA Cuenca del Salado por la colaboración brindada en el transcurso de este trabajo. A las empresas Peman y Gentos por el aporte de las semillas. A las fuentes de financiamiento Lomas CyT 2013-2014 y 2015-2016 de la UNLZ y Amílcar Oscar Herrera "Capacidades Universitarias para el Desarrollo Productivo" del Ministerio de Educación de la Nación.

## BIBLIOGRAFÍA

AGNUSDEI, M.; CASTAÑO, J.; MARINO, A. 2011. Recuperando a un viejo aliado. *Visión Rural*. pp. 18–24.

ACUÑA, M.L.; GRUNBERG, K.; ANDRÉS, A.N. 2014. Interacción genotipo-ambiente para rendimiento de materia seca en una población de *Thinopyrum ponticum*. *Revista Argentina de Producción Animal*. pp. 465–510.

AVACA, F.M. 2015. Efectos de la salinidad y la alcalinidad sobre la germinación y el crecimiento vegetativo temprano de *Chloris gayana* Kunth. Trabajo final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. (Disponible: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/efectos-salinidad-alcalinidad-germinacion.pdf> verificado: 15 de octubre de 2015).

AVILA, R.E.; DI MARCO, O.; AGNUSDEI, M.N.; MAYORAL, C. 2010. Digestibilidad de la fibra y materia seca de dos gramíneas megatérmicas (*Chloris gayana* y *Cenchrus ciliaris*) de diferente porte: Relación con la edad y largo foliar. *Rapa*, 30(1), pp. 1–13.

AVILA, R.E.; DI MARCO, O.; AGNUSDEI, M.N. 2012. Calidad nutritiva de láminas de *Chloris gayana* en estado vegetativo. Efecto de la reducción del tamaño foliar y envejecimiento. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 20(1–2), pp. 17–27.

AVILA, R.; BARBERA, P.; BLANCO, L.; BURGHI, V.; DE BATTISTA, J.P.; FRIGERIO, K.; GÁNDARA, L.; GOLDFARB, M.C.; GRIFFA, S.; LEAL, K.; KUNST, C.; LACORTE, S.M.; LAURIC, A.; CALSINA, M.; LEAN, G.M.; NENNING, F.; OTONDO, J.; PETRUZZI, H.; PIZZIO, R.; PUEYO, J.D.; RÉ, A.E.; RIBOTTA, A.; ROMERO, L.; STRITZLER, N.; TOMAS, M.A., CARBONELL, C.T.; UGARTE, C.; VENECIANO, J.; AZUL, C.; COLORADO, E.; RIOJA, L. 2014. Gramíneas forrajeras para el subtropico y el semiárido central de la Argentina. (Disponible: [http://inta.gov.ar/documentos/gramineas-forrajeras-para-el-subtropico-y-el-semiarido-central-de-la-argentina/at\\_multi\\_download/file/INTA%20%20Gramineas%20forrajeras%20para%20el%20subtr%20C3%B3pico%20y%20el%20semi%20A1rido%20central%20de%20la%20Argentina.pdf](http://inta.gov.ar/documentos/gramineas-forrajeras-para-el-subtropico-y-el-semiarido-central-de-la-argentina/at_multi_download/file/INTA%20%20Gramineas%20forrajeras%20para%20el%20subtr%20C3%B3pico%20y%20el%20semi%20A1rido%20central%20de%20la%20Argentina.pdf) verificado: 13 de diciembre de 2014).

BATISTA, W.B.; TABOADA, M.A.; LAVADO, R.S.; PERELMAN, S.B.; LEÓN, J.C. 2005. Asociación entre comunidades vegetales y suelos en el pastizal de la Pampa Deprimida. En OESTERHELD, M.; AGUIAR, M.R.; GHERSA, C.M.; PARUELO, J.M. (editores). La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Un homenaje a Rolando León. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires. pp. 113–129.

BORRAJO, C.I.; MORALES, F.; LAURENCO, C.; LAPLACE, S. 2014. Comparación de cultivares de gramíneas megatérmicas en la Cuenca del Salado. Simposio Recursos Genéticos 37º Congreso AAPA – 2<sup>nd</sup> Joint Meeting ASAS-AAPA – xxxix Congreso SOCHIPA. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 34 Supl. 1: 472.

BORRAJO, C.I.; CUENCA, I. 2016. El agropiro manda en la Cuenca del Salado. pp. 7–10. (Disponible: <http://infocampo.com.ar/nota/campo/68674/el-agropiro-manda-en-la-cuenca-del-salado> verificado: 07 de septiembre de 2016).

BORRAJO, C.I. 2015. Impacto de las fechas de siembra en la implantación de megatérmicas. Sitio argentino de producción animal. doi: 10.1071/CP14172

BUI, E. 2013. Possible role of soil alkalinity in plant breeding for salt-tolerance. *Biology letters*, 9(5), p. 20130566. doi: 10.1098/rsbl.2013.0566

CRESCIMANNO, G.; IOVINO, M.; PROVENZANO, G. 1995. Influence of salinity and sodicity on structural and hydraulic characteristics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59: 1701–1708.

DAMARIO, E.A.; PASCALE, A.J. 1988. Caracterización agroclimática de la Región Pampeana. *Revista de la Facultad de Agronomía de Buenos Aires* 9: 41–54.

DONG, M.; DE KROON, H. 1994. Plasticity in Morphology and Biomass Allocation in *Cynodon dactylon*, a Grass Species Forming Stolons and Rhizomes. *Oikos*, Vol. 70, Fasc. 1, pp. 99–106. (Disponible: <http://www.jstor.org/stable/3545704> verificado: 06 de agosto de 2014).

FERRI, C.M. 2011. The seasonal and inter-annual patterns of biomass accumulation and crude protein in kleingrass (*Panicum*

- coloratum*) in the semiarid Pampean region of Argentina. *Ciencia e investigación agraria*, 38(2), pp. 191–198. doi: 10.4067/S0718-16202011000200003.
- GARCÍA, M.D.; LA GRECA, C.L.; BERMÚDEZ, P.S.; GAGO, A.M.; PESQUEIRA, J. 2015. Salinity and alkalinity effects on germination and time to 50% germination (T50) of *Chloris gayana*, *Panicum coloratum* and *Panicum virgatum*. 5th International Symposium of Forage Breeding.
- GHANNOUM, O. 2009. C4 photosynthesis and water stress. *Annals of botany*, 103(4), pp. 635–44. doi: 10.1093/aob/mcn093
- IMAZ, J.A.; GIMÉNEZ, D.O.; GRIMOLDI, A.A.; STRIKER, G.G. 2012. The effects of submergence on anatomical, morphological and biomass allocation responses of tropical grasses *Chloris gayana* and *Panicum coloratum* at seedling stage. *Crop and Pasture Science*, 63(11–12), pp. 1145–1155. doi: 10.1071/CP12335
- IMAZ, J.A.; GIMÉNEZ, D.O.; GRIMOLDI, A.A.; STRIKER, G.G. 2015. Ability to recover overrides the negative effects of flooding on growth of tropical grasses *Chloris gayana* and *Panicum coloratum*. *Crop and Pasture Science*, 66(1), pp. 100–106. doi: 10.1071/CP14172
- IMBELLONE, P.A.; GIMENEZ, J.E.; PANIGATTI, J.L. 2010. Suelos de la Región Pampeana. Procesos de formación, INTA. p. 292. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004
- JONES, R.M. 1969. Mortality of some tropical grasses and legumes following frosting in the first winter after sowing. *Tropical grasslands*, 3, pp. 57–63. (Disponible: [http://www.tropical-grasslands.asn.au/Tropical Grasslands Journal archive/titles only/early vol pdfs/Vol 3 No 1/Vol 3\[1\] 6 Jones 57-63.pdf](http://www.tropical-grasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/titles%20only/early%20vol%20pdfs/Vol%203%20No%201/Vol%203%201%20Jones%2057-63.pdf) verificado: 29 de diciembre de 2014).
- MAA, PROV. DE BUENOS AIRES. 2010. Programa Provincial Producción Ganadera. (Disponible: [http://www.maa.gba.gov.ar/dir\\_ganaderia/componente/produccion\\_de\\_ganados\\_y\\_carnes.pdf](http://www.maa.gba.gov.ar/dir_ganaderia/componente/produccion_de_ganados_y_carnes.pdf) verificado: 12 de octubre de 2012).
- MARTÍN, G. 2010. Pasturas cultivada para el NOA: Grama Rhodes. *Producir* xxi, 18(219), pp. 48–52.
- MARTÍN, B.; SOSA, O.; MAGRA, G.; ZERPA, G.; BESSON, P. 2012. Emergencia de forrajeras en un suelo salino-alcálico tratado con yeso. *Revista Argentina de Producción Animal*, 32(2), pp. 157–164.
- MIACZYNSKI, C. 1995. Los suelos hidromórficos e hidrohálomórficos de la provincia de Buenos Aires. *Rev. Fac. Agr.* 15 (1): 23–36.
- MONTI, M.; DELGADO, G.; CORREA LUNA, M.; JOZAMI, D. 2013. Introducción de la grama rhodes para el aumento de la oferta forrajera en bajos alcalinos del sur de Santa Fe. Informe técnico N.º 58 INTA – Estación Experimental Agropecuaria Rafaela, pp. 11–19.
- MOORE, K.J.; JUNG, H.J.G. 2001. Lignin and fiber digestion. *Journal of Range Management*, 54(4), pp. 420–430. doi: 10.2307/4003113
- OTONDO, J. 2011. Efectos de la introducción de especies megatérmicas sobre características agronómicas y edáficas de un ambiente halomórfico de la Pampa Inundable. Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, p. 85.
- OTONDO, J.; PESQUEIRA, J.; MARKAN, E.; GARCÍA, M.D. 2014. Implantación de *Panicum coloratum* y *Chloris gayana* en suelos bajos salino-alcálicos. Tercera Reunión de la Red Argentina de Salinidad. Chascomús, Buenos Aires.
- PÉREZ, R.A.; ROSSI, C.A.; OTONDO, J.; TORRÁ, E.; BIDART, A. 2007. Implantación de gramíneas subtropicales en bajos alcalino-sódicos del pastizal de la cuenca del salado. IV Congreso Nacional y I del Mercosur de la Asociación para el Manejo de Pastizales Naturales. Villa Mercedes, San Luis.
- PESQUEIRA, J.; OTONDO, J.; GARCÍA, M.D. 2015. Biomass production and forage quality of *Chloris gayana* and *Panicum coloratum* in alkaline (pH≥9.5) low lands of the Salado River basin", en 5th International Symposium of Forage Breeding. p. 201.
- PESQUEIRA, J.; HUARTE, R.H.; GARCÍA, M.D. 2016. Producción de biomasa y respuesta a la fertilización de especies forrajeras subtropicales cultivadas en La Pampa deprimida bonaerense. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 42(1), pp. 79–86.
- PONSENS, J.; HANSON, J.; SCHELLBERG, J.; MOESLER, B.M. 2010. Characterization of phenotypic diversity, yield and response to drought stress in a collection of Rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth) accessions, *Field Crops Research*. Elsevier B.V., 118(1), pp. 57–72. doi: 10.1016/j.fcr.2010.04.008
- RÉ, A.E. 2013. Forrajeras Megatérmicas: Alternativas de uso en la provincia de Entre Ríos. INTA, Jornadas Forrajeras Tropicales, pp. 1–10.
- REARTE, D. 2011. Situación actual y prospectiva de la ganadería argentina, un enfoque regional. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 19(3-4): 46–49.
- RIBOTTA, A.N.; GRIFFA, S.M.; DÍAZ, D.; CARLONI, E.J.; LÓPEZ COLOMBA, E.; TOMMASINO, E.A.; QUIROGA, M.; LUNA, C.; GRUNBERG, K. 2013. Selecting salt-tolerant clones and evaluating genetic variability to obtain parents of new diploid and tetraploid germplasm in rhodesgrass (*Chloris gayana* K.), *South African Journal of Botany*. South African Association of Botanists, 84, pp. 88–93. doi: 10.1016/j.sajb.2012.10.001
- STRITZLER, N. 2008. Producción y calidad nutritiva de especies forrajeras megatérmicas. *Revista Argentina de Producción Animal*, 28(2), pp. 165–168. (Disponible: <http://aapa.org.ar/archivos/revistas/2008/vol28n2/07ConfStritzler.pdf> verificado: 27 de mayo de 2013).
- TALEISNIK, E.; PEREZ, H.; CÓRDOBA, A.; MORENO, H.; GARCÍA SEFFINO, L.; ARIAS, C.; GRUNBERG, K.; BRAVO, S.ZENOFF, A. 1998. Salinity effects on the early development stages of *Panicum coloratum*: cultivar differences. *Grass and Forage Science*, pp. 270–278. (Disponible: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2494.1998.00139.x/abstract> verificado: 28 de noviembre de 2014).
- TRICART, J.L.F. 1973. Geomorfología de la Pampa Deprimida. Colección Científica XII. INTA. Buenos Aires, Argentina.
- VÁZQUEZ, P.; COSTA, J.L.; MONTERUBBIANESI, G.; GODZ, P. 2001. Predicción de la Productividad Primaria de Pastizales Naturales de la Pampa Deprimida Utilizando Propiedades del Horizonte A. *Ciencia del Suelo*, 19(2), pp. 136–143. (Disponible: [http://produccionvina.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_naturales/52-prop\\_suelo\\_cdsalado.pdf](http://produccionvina.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_naturales/52-prop_suelo_cdsalado.pdf) verificado: 06 de noviembre de 2012).
- VÁZQUEZ, P.; MASUELLI, S.; PLATZECK, G. 2006. Determinación de patrones espectrales para distintos usos del suelo en ambientes heterogéneos. INTA, EEA Cuenca del Salado. (Disponible: <http://www.inta.gov.ar/cuenca/info/documentos/sig-teledet/patrones.pdf> verificado: febrero de 2017).
- VÁZQUEZ, P.; ROJAS, M.C. 2006. Zonificación agro-ecológica del área de Influencia de la EEA Cuenca del Salado. *Publicación Técnica N.º 2*, p. 17.