

# **XVIII Reunión anual sobre forrajeras**

## **Festuca alta: distribución, utilización y mejoramiento**



Secretaría  
de Agroindustria



Ministerio de Producción y Trabajo  
Presidencia de la Nación

*INTA EEA Pergamino*

*2018*

XVIII Reunión Anual sobre Forrajas. Festuca alta: distribución, utilización y mejoramiento

Compiladores: Lavandera, Javier; Novarese, A. Catalina; Pacente, Ezequiel

1<sup>ra</sup> edición

Ediciones INTA

EEA Pergamino

Pergamino

ISBN: 978-987-521-959-5

XVIII Reunión Anual de Forrajas Festuca Alta : distribución, utilización y mejoramiento / Javier Lavandera ... [et al.]. - 1a ed . - Pergamino, Buenos Aires : Ediciones INTA, 2018.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-521-959-5

1. Producción Animal. 2. Pasturas. 3. Forrajes. I. Lavandera, Javier  
CDD 636.0824

Todos los derechos reservados. No se permite la reproducción total o parcial, la distribución o la transformación de este libro, en ningún formato o medio, ni el ejercicio de otras facultades reservadas sin el permiso previo y escrito del editor. Su infracción está penada por leyes vigentes.

©, 2018, Ediciones INTA

## Autores:

Bigliardi, Martín (Gentos)  
Martinez, Emilce (INTA Pergamino)  
Pacente, Ezequiel (INTA Pergamino)  
Palacios, Natalia (UNNOBA)  
Scheneiter, J. Omar (INTA Pergamino)

## Colaboradores

Acuña, Mariela (INTA Pergamino)  
Andrés, Adriana (INTA Pergamino – UNNOBA)  
Barletta, Pablo (INTA Pergamino)  
Bertín, Oscar (INTA Pergamino)  
Camarasa, Jonatan (INTA Pergamino)  
Ceballos, Juan (INTA Pergamino)  
Fioravantti, Nelson (INTA Pergamino)  
Gallo, Sergio (INTA Pergamino)  
Lavandera, Javier (INTA Pergamino)  
Mattera, Juan (INTA Pergamino)  
Novarese, A. Catalina (INTA Pergamino)  
Pansecchi, Sandro (INTA Pergamino)  
Parra, Juan Carlos (INTA Pergamino)

Prólogo	5
Mejoramiento en festuca alta: estrategias de selección para ambientes marginales	6
El manejo del pastoreo para optimizar la productividad de pasturas de festuca alta	15
Fertilización mineral en pasturas en base a festuca alta	29
Manejo sitio-específico en ambientes ganaderos	35

## Prólogo

La ganadería se encuentra atravesando un proceso de expansión debido a mejoras en aspectos económicos y con muy buenas perspectivas por la apertura de nuevos mercados internacionales. Adicionalmente, existen posibilidades de complementación entre agricultura y ganadería que generan efectos positivos entre las dos actividades. Por parte de la ganadería, debido a los servicios ecosistémicos que ofrecen las pasturas, como la recirculación de nutrientes, la elevación de la materia orgánica y el pH del suelo, y por parte de la agricultura, el efecto del cultivo antecesor en la limpieza de malezas de los lotes, el aporte de granos para el engorde, entre otros. En los sistemas ganaderos de la región pampeana, la festuca alta es una especie clave tanto en suelos de buena aptitud en combinación con alfalfa, como en suelos de menor aptitud en pasturas puras o asociadas con leguminosas como tréboles y lotus.

La EEA INTA Pergamino ha sido pionera en el trabajo en esta especie, tanto en aspectos de manejo como en el aporte de cultivares exitosos al medio productivo. Ya en el año 1953 el Ing. Serrano y colaboradores generaron el cultivar Palenque MAG, que llegó a ocupar 600.000 ha en todo el país. Actualmente, se continúa trabajando en esta especie dada su importancia y su potencial. En este contexto, en la XVIII Reunión Anual de Forrajeras se presentan, desde el sector público y privado, avances en el mejoramiento genético, aspectos relacionados a su distribución, recomendaciones del manejo del pastoreo para optimizar producción, calidad y persistencia. Se abordarán también las estrategias de fertilización apropiada para esta especie y del manejo por ambientes o ganadería de precisión, con el fin de maximizar la producción de forraje en ambientes heterogéneos.

Esperamos que sea un espacio fructífero, en el marco de un tradicional encuentro, en donde prevalezca el intercambio de conocimientos con el fin de incrementar los índices productivos de la ganadería.

## Mejoramiento en festuca alta: estrategias de selección para ambientes marginales

Emilce Martinez (INTA – UNNOBA), Natalia Palacios (UNNOBA)

### Mejoramiento genético de festuca: pasado y presente

Festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb. var *arundinacea*, syn. *Schedonorus arundinaceus* (Schreb.) Dumort, syn. *Lolium arundinaceum* (Schreb.) Darbysh) es una especie forrajera introducida en Argentina en 1950 (Sojo, 1950). Desde mediados del siglo pasado se llevan a cabo en la EEA INTA Pergamino programas de mejoramiento de festuca alta enfocados principalmente para ambientes ganaderos de clima templado, en suelos de bajos dulces y relativamente fértiles. Las primeras colecciones de germoplasma proveniente de Inglaterra fueron descritas por el Ing. Serrano (Serrano, 1953), y posteriormente se seleccionó y desarrolló el cultivar público 'El Palenque M.A.G.'. Este cultivar fue la base de diferentes programas de mejoramiento de los cuales se obtuvieron 4 materiales que hoy en día están disponibles en el mercado (Cuadro 1). Posteriormente, los programas continuaron con diferentes enfoques basados en obtener cultivares de orígenes divergentes a Palenque MAG. Hoy en día se encuentran en evaluación en la red nacional de festuca, dos experimentales provenientes de cruzamientos de poblaciones elite (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cultivares y experimentales creados en la EEA INTA Pergamino.

Cultivar	Fecha de Inscripción	Sanidad	Origen	Empresa Adoptante	*Promedio Kg MS/ha.año	
					2011-2013	2016-2017
Palenque Plus INTA	1995	Tolerante a Roya	Palenque MAG	Liberado		7.060
Brava INTA	2009	Tolerante a	Palenque Plus	Picasso S.R.L	8.356	
Baguala	2009	Tolerante a	Palenque Plus	ProduceM	8.797	
Luján INTA	2013	Tolerante a Roya	Palenque Plus INTA	Coop. de Acevedo	8.716	7.019
Exp. 1	En evaluación	Tolerante a	Poblaciones elite	-		6.683
Exp. 2	En evaluación	Tolerante a	Poblaciones elite	-		7.005

\*Datos de producción extraídos de informes "Avances en festuca alta" de la Red de evaluación de cultivares de festuca.

En los últimos años la expansión del área agrícola ha desplazado a la producción ganadera hacia ambientes denominados marginales, caracterizados por condiciones más secas, áridas, semiáridas o en zonas húmedas con suelos clase VI y VII, de bajo potencial productivo y baja calidad de forraje.

Adicionalmente, los últimos Censos Nacionales Agropecuarios (CNAs 1988, 2002 y 2008) registraron una reducción de la implantación de forrajeras anuales y perennes en la región pampeana (Tkachuk y Dossi, 2014), lo cual implica un desafío tecnológico que requiere aumentar la productividad y calidad del forraje (Rossi, 2016), y seleccionar por tolerancia a estreses abióticos.

Las etapas de desarrollo más sensibles en la implantación de una pastura son la germinación y la emergencia de las plántulas (Marcum, 2002).

Entre los factores que afectan el éxito en la implantación se destaca la calidad de la semilla, la profundidad de siembra y el tipo de suelo. En los ambientes marginales se pueden encontrar tres tipos de suelos que pueden afectar el desarrollo de los cultivos forrajeros: los salinos, sódicos y los salinos- sódicos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Clasificación de los suelos salinos.

SUELO	CE <sub>e</sub> (dS/m)	PSI (%)	pH	Observaciones
Normal	< 4	< 15	6.5-7.5	Buena permeabilidad, aereación y buena estructura.
Salino	> 4	< 15	7.0-8.5	Presencia de costras blancas en su superficie.
Salino-sódico	> 4	> 15	< 8.5	Si contienen calcio, se disuelve y reemplaza al sodio intercambiable, el cual es eliminado en forma simultánea con el exceso de sales.
Sódico	< 4	> 15	8.2-10.0	Mala permeabilidad, difícil de trabajar y alta defloculación de sus partículas.

En el caso particular de la festuca Alta, la especie ha sido implantada típicamente en la región pampeana, en lo que se denominan bajos dulces, son suelos clase IV que presentan algunas limitaciones para la agricultura (Castaño, 2003). Sin embargo, la festuca podría tener adaptación a ambientes más estresantes como lo son los bajos alcalinos-salinos caracterizados por suelos clase VI y VII, utilizados únicamente para ganadería y en donde predomina el cultivo de agropiro.

En la EEA INTA Pergamino, se desarrollan investigaciones referidas al comportamiento genético de la especie en su tolerancia a la salinidad, con el objetivo final de obtener cultivares que aporten a mejorar la productividad y calidad en los sistemas ganaderos actuales.

Para el abordaje de la selección por estrés salino, las herramientas actuales de evaluación son los sistemas hidropónicos salinos y la situación real de un campo con bajos alcalinos-salinos. A continuación se presentan algunos resultados parciales de investigaciones realizadas utilizando las dos técnicas.

## Evaluación del crecimiento inicial de festuca en suelo salino-sódico

Con el objetivo de caracterizar y obtener materiales de festuca alta adaptados a suelos clases VI-VII y con potencial para ser incluidos en el programa de mejoramiento genético de la especie, en el año 2016, se recolectaron 82 plantas de festuca adaptadas a un suelo salino-sódico (S) en la localidad de Bolívar. Estas plantas fueron posteriormente trasplantadas en un suelo no salino-sódico (NS) en la EEA INTA Pergamino con el fin de obtener semillas y generar familias de medios hermanos (FMH).

En los años 2017 y 2018, se sembraron 2 testigos comerciales y 50 FMH seleccionadas por producción de semillas, supervivencia y sanidad, utilizando un diseño de bloques incompletos al azar y 2 repeticiones en 2 ambientes: un ambiente S (Bolívar) y un ambiente NS (Pergamino). En el Cuadro 3, se muestran datos de pH, CIC y PSI de los ambientes de evaluación.

Cuadro 3. Valores de pH, Conductividad Eléctrica (CE) y Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) en ambiente No salino (NS) y Salino-sódico (S).

Ambiente	Año	pH	CE dSm <sup>-1</sup>	PSI %
NS	2017	5,9	0,1	4
S	2016	8,9	5,5	205
S	2018	8,6	4,8	163

Durante la etapa de crecimiento inicial, en diferentes tiempos de muestreo (cada 570 Cd), se recolectaron macollos vegetativos con el fin de medir variables estructurales y morfogenéticas. En los Cuadros 4 y 5 se muestran las medias y coeficiente de variación para los diferentes tiempos de muestreo de macollos y en los diferentes ambientes, NS y S respectivamente.

Cuadro 4. Media y Coeficiente de Variación (CV) de las variables morfogenéticas y estructurales evaluadas durante 2017 en suelo no salino en tres momentos de muestreo (Tiempo).

Tiempo		LT	AL	LL	SL	TLE	AF	NH	TEF	TEAF	TAH
1	Media	18	3	79	279	207	731	2,7	0,3	1,2	0,004
	CV	29	26	22	39	21	38	15	21	38	15
2	Media	35	5	125	677	342	1844	2,8	0,6	3,1	0,005
	CV	24	23	19	33	20	33	14	20	33	14
3	Media	60	5	179	937	593	3113	3,5	1,0	5,5	0,010
	CV	39	24	31	44	25	40	21	25	40	21

LT= Largo de pseudotallo (mm), AL= Ancho de Lámina (mm), LL= Largo de Lámina (mm), SL= Superficie de Lámina (mm<sup>2</sup>), TLE= Total de Lámina Expandida (mm), AF= Área Foliar (mm<sup>2</sup>), NH= Número de Hojas, TEF= Tasa de Elongación Foliar (mm Cd<sup>-1</sup>), TEAF= Tasa de Expansión del Área Foliar (mm<sup>2</sup> Cd<sup>-1</sup>)y TAH= Tasa de Aparición de Hojas (NH Cd<sup>-1</sup>).



Cuadro 5. Media y Coeficiente de Variación (CV) de las variables morfogénéticas y estructurales evaluadas durante 2017 en suelo salino-sódico en dos momentos de muestreo (Tiempo).

Tiempo		LT	AL	LL	SL	TLE	AF	NH	TEF	TEAF	TAH
1	Media	13	3	57	163	156	442	2,8	0,2	0,6	0,004
	CV	28	28	27	47	30	47	18	30	47	19
2	Media	19	4	60	235	162	630	2,7	0,5	2,0	0,008
	CV	24	23	22	38	25	39	14	25	39	14

LT= Largo de pseudotallo (mm), AL= Ancho de Lámina (mm), LL= Largo de Lámina (mm), SL= Superficie de Lámina (mm<sup>2</sup>), TLE= Total de Lámina Expandida (mm), AF= Área Foliar (mm<sup>2</sup>), NH= Número de Hojas, TEF= Tasa de Elongación Foliar (mm Cd<sup>-1</sup>), TEAF= Tasa de Expansión del Área Foliar (mm<sup>2</sup> Cd<sup>-1</sup>) y TAH= Tasa de Aparición de Hojas (NH Cd<sup>-1</sup>).

La mayoría de las variables estudiadas, excepto AL, NH, TEF y TAH, presentaron valores de medias menores en el ambiente S. De los valores de CV se desprende principalmente que en suelo NS, la mayor variabilidad en los datos se observa en el tiempo 3, excepto para AL donde los valores en los tres momentos son muy similares (Cuadro 4).

En suelo S, no se visualizó gran diferencia de medias entre tiempo 1 y 2 para las variables evaluadas, mientras que la mayor variabilidad se observa en el tiempo 1 (Cuadro 5).

Para la identificación de los mejores genotipos en cada sitio, según la propuesta de interpretación de Yan y Hunt (2002), se realizó un gráfico GGE biplot (Figura 1) teniendo en cuenta los valores en el Tiempo 2 y únicamente para la variable AF (correlacionada positivamente con variables estructurales y con rendimiento de forraje).

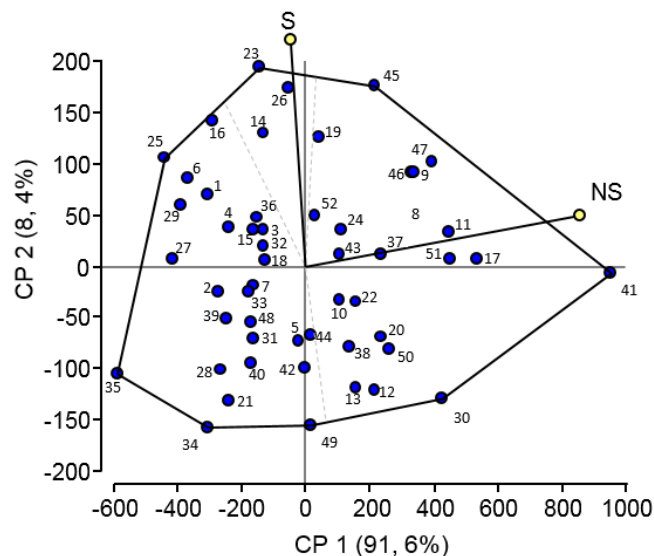


Figura 1. Gráfico GGE biplot para la identificación de los mejores genotipos en cada ambiente para la variable área foliar (AF) en el Tiempo 2. Puntos azules= genotipos (1 a 52) y puntos amarillos= ambientes de evaluación (S= Salino-sódico, NS= No salino-sódico). Líneas punteadas definen cuadrantes que separan mega-ambientes con los genotipos ganadores en los vértices.

El gráfico GGE biplot permitió separar los dos mega-ambientes (S y NS) y visualizar los mejores genotipos para cada uno. En el ambiente S se destaca el genotipo 23, mientras que para el ambiente NS se destaca principalmente el genotipo 41 seguido de los genotipos 30 y 45.

Si bien no es posible extraer conclusiones de las medidas de resumen, para esta primera instancia de evaluación se puede inferir que la población de festuca en estudio presentó un retraso en el crecimiento durante la etapa de implantación en el ambiente S respecto al ambiente NS. Además, a través del gráfico GGE biplot, se observa que para cada mega-ambiente definido se destacan genotipos diferentes lo cual ratifica la importancia de tener en cuenta los ambientes reales de caracterización y/o selección al momento de plantear objetivos y criterios de selección en un programa de mejoramiento.

### Evaluación del crecimiento inicial de festuca en condición de salinidad en sistema hidropónico

Con el objetivo de caracterizar 30 FMH de festuca alta se evaluó la tolerancia a salinidad mediante un ensayo en condición de hidroponía. El ensayo se dispuso un diseño en bloque completamente aleatorizado (DCBA) con tres repeticiones y tres tratamientos (control, 250mM/S1 y 500mM/S2), cada familia estuvo representada por 15 genotipos. Las plantas fueron colocados en macetas plásticas de 10L con solución nutritiva hoagland, y a las sometidas a salinidad se les adicionó gradualmente NaCl para llegar a las concentraciones deseadas. A cada genotipo se le evaluaron: número de macollos (NMac-tres momentos), altura (Alt-tres momentos), peso fresco aéreo (PFA), peso seco aéreo (PSA), peso seco de raíz (PSR) y largo de raíz (LR). Además, se calculó el índice de tolerancia para la variable PSA (ITPSA).

Se obtuvieron diferencias para todas las variables entre tratamiento, FMH y su interacción. Las variables Alt y Nmac tuvieron un comportamiento diferencial a través del tiempo y según el tratamiento. El tratamiento control permitió el mayor crecimiento de los genotipos, mientras que los tratamientos salinos redujeron el mismo, principalmente esto puede observarse para el tratamiento S2 (figuras 2 y 3). Además, cuanto mayor fue el tiempo de exposición a salinidad, mayor fue la reducción de crecimiento para Nmac, no sucediendo lo mismo para la variable Alt, ya que fue constante en S1 y no en S2.

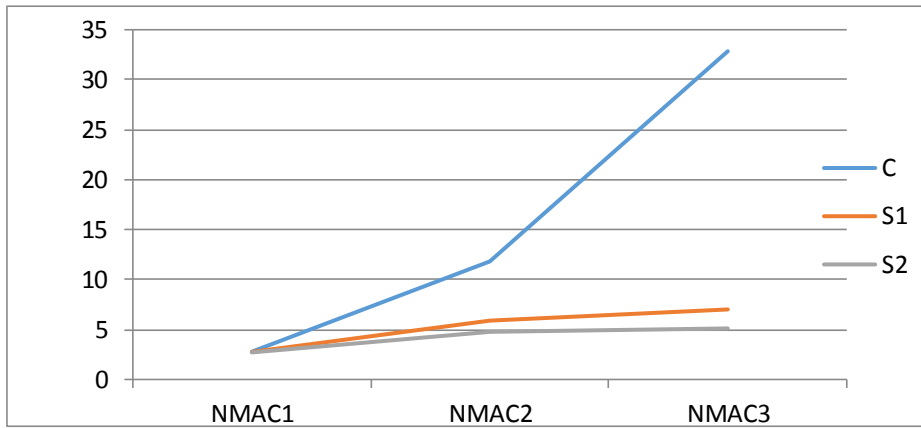


Figura 2. Número de macollos promedio en tres momentos de evaluación y tres tratamientos.

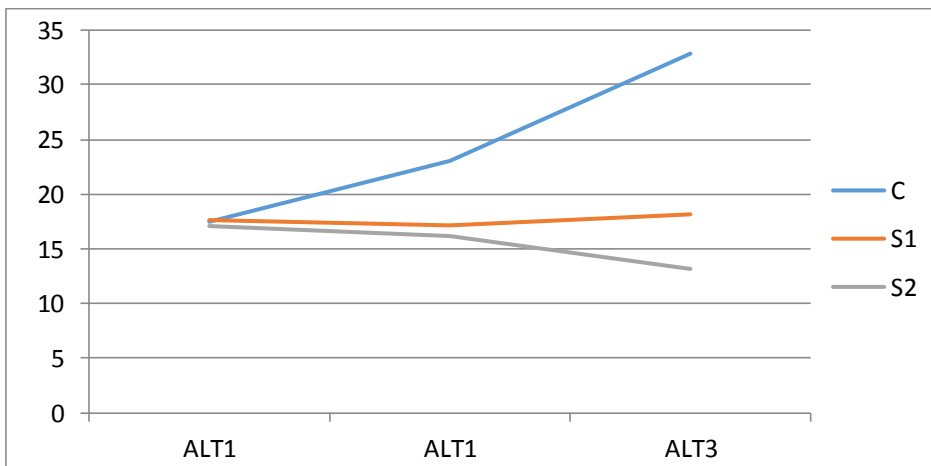


Figura 3. Altura promedio en tres momentos de evaluación y tres tratamientos.

El índice de tolerancia del peso seco aéreo permite identificar FMH con mayor y menor tolerancia a salinidad. En la figura 4 se puede observar que la media del índice es mayor para S1 que para S2. Además, hay distintas FMH que superan el comportamiento promedio para cada condición salina. En el caso de S1 se destacan las FMH 2-6-10-11-12-15-29 y 30. En el caso de S2, el comportamiento promedio fue superado por las FMH 9-15-20-29 y 30. Particularmente la FMH 30 tuvo un ITPSA muy elevado en las dos condiciones salinas.

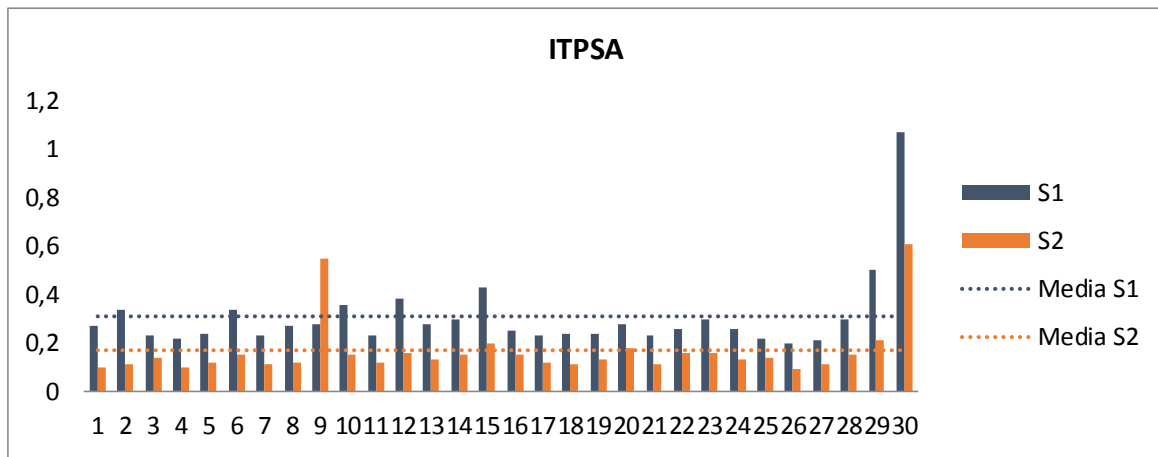


Figura 4. Índice de tolerancia del peso seco aéreo para las 30 FMH evaluadas en los 2 tratamientos salinos.

Por último se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para poder visualizar la variabilidad de los genotipos evaluados en las tres condiciones (Control-S1-S2). Las primeras dos componentes expresan el 96% de la variabilidad total. Se puede observar que a medida que se incrementa la salinidad, disminuye el crecimiento y la dispersión de los genotipos. Esto estaría demostrando que la variabilidad fenotípica disminuye en condición de salinidad con respecto al control.

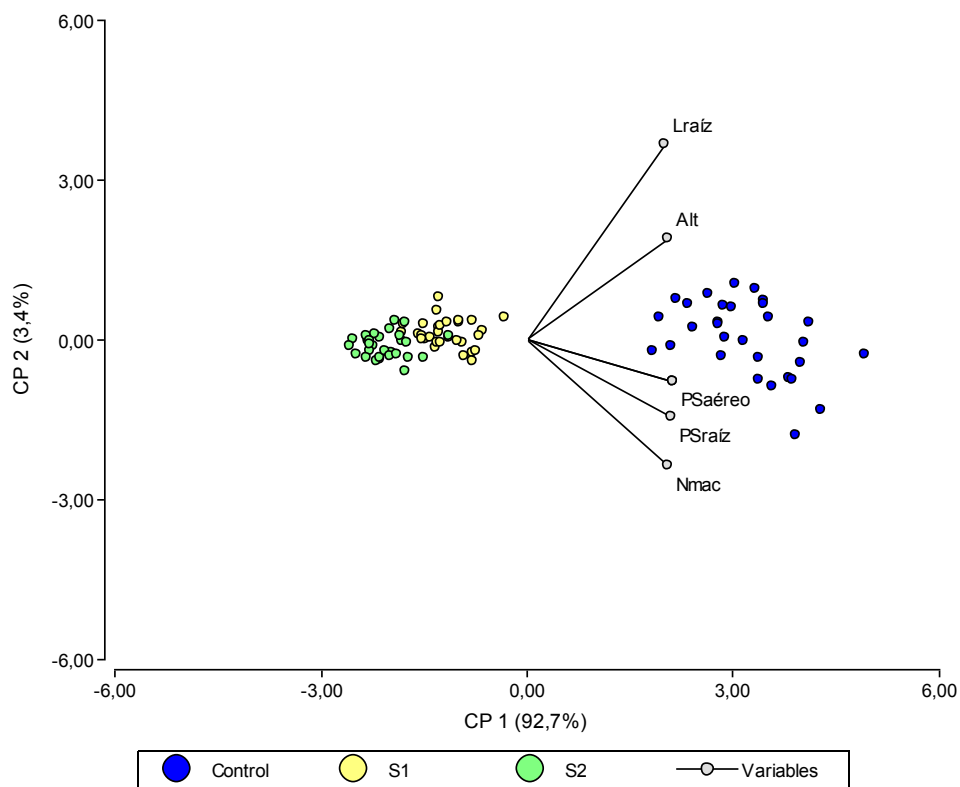


Figura 5. Análisis de Componentes Principales con las 30 FMH y tres tratamientos (Control-S1-S2).

A partir de los resultados obtenidos se puede inferir que las FMH son lo suficientemente variables como para realizar selección. Las FMH 2-10-15-29-30 son material promisorio para continuar con el programa de mejoramiento.

## Bibliografía:

CASTAÑO J. 2003. Adaptación y manejo de especies forrajeras y técnicas para optimizar su producción. 1ª Jornada de Actualización Ganadera, Balcarce. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

MARCUM, K. M. 2002. Growth and Physiology, M. Pessaraki ed. Pp 563- 581, Second Edition, Revised and Expanded.

ROSSI, C. A. 2016. La ganadería pastoril presente y futuro: los desafíos tecnológicos <http://www.cpia.org.ar/agropost/201604/nota4.html>. Revista bimestral abril - mayo 2016 ( NUMERO 143).

SERRANO, H. 1953. Report on the collection of forage species coming from England. Anales de la Sociedad Rural Argentina, 87, 26-29.

SOJO, J. 1950. The improvement of natural grasslands. Anales de la Sociedad Rural Argentina, 84, 15-21.

TKACHUK, M. Y M. DOSSI. 2014. Dinámica de la producción ganadera argentina: análisis de variables intervinientes y de escenarios futuros, apuntes agroeconómicos. Cómo implantar pasturas en suelos ganaderos.

YAN, W. Y L. A. HUNT. 2002. Biplot Analysis of Diallel Data. Crop Sci. 42:21–30.

## El manejo del pastoreo para optimizar la productividad de pasturas de festuca alta

J. Omar Scheneiter (INTA – UNNOBA)

La productividad de pasturas de festuca alta, ya establecidas, es principalmente controlada por la radiación, la temperatura, la disponibilidad de agua y nutrientes y la frecuencia y severidad de la defoliación. Estos últimos afectan principalmente la calidad y estructura de la pastura y, con manejos extremos, la acumulación neta de forraje y la producción secundaria.

Existen distintos criterios de manejo de la defoliación, o variables de estado, posibles de utilizar a través del año con el objetivo de favorecer la producción, persistencia y calidad de la pastura. Uno de ellos es el denominado enfoque morfogénético, basado en que, bajo condiciones óptimas de nutrición hidromineral, el crecimiento de la pastura es modelado por la temperatura a través de la tasa de aparición de hojas. Para festuca alta se considera que una nueva hoja se expande cada 200-220 C y que cada macollo de festuca alta tiene entre 2,5 y 2,7 hojas vivas. De lo anterior se deduce que, a partir de un macollo completamente defoliado, luego de los 500-600 C de suma térmica comenzará el proceso de senescencia. Consecuentemente, y de acuerdo a las temperaturas medias de Pergamino, para optimizar la producción y calidad de la festuca alta una pastura de festuca alta establecida, esta debería defoliarse entre 7 y 9 veces por año.

Otro criterio igualmente eficiente para utilizar la máxima cantidad posible de forraje de calidad durante el año es tener en cuenta la interceptación de la radiación por parte de la pastura. Este se basa en que existe una relación lineal entre la captura de la luz y la acumulación de forraje. La máxima acumulación de forraje luego de un rebrote ocurre poco tiempo después que la pastura intercepta el 95 % de la radiación (en forma práctica, poco después que la pastura cubre totalmente el suelo). En ese momento, la relación entre la cantidad de materia seca (MS) acumulada y la radiación interceptada asume un valor general de 1,7 g MS MJ<sup>-1</sup>. Esta relación adquiere cifras más elevadas en primavera con respecto al otoño. Por ejemplo, una serie de experimentos realizados en Balcarce y en Pergamino tuvieron un rango de valores de 1,1 a 2,3 g MS MJ<sup>-1</sup> en primavera y de 0,9 a 1,6 g MS MJ<sup>-1</sup> en otoño (Correa, 2013, Marino y Agnusdei, 2007). Así mismo, a medida que aumenta el nivel de fertilización también lo hace el valor de eficiencia de conversión de la radiación capturada en MS. En Balcarce se encontraron valores en rebrotes de primavera de 1,5-1,7 g MS MJ<sup>-1</sup> en festuca alta sin fertilizar y 2,1-2,3 g MS MJ<sup>-1</sup> con dosis de 225 kg MS ha<sup>-1</sup> (Marino y Agnusdei, 2007). La captura de radiación puede ser asociada con la altura de la pastura, la masa de forraje y el IAF. Dentro de ciertos límites, a mayor altura, masa de forraje o IAF, habrá mayor crecimiento bruto de la pastura. Sin embargo, cuando se tiene en cuenta la pérdida de hojas por muerte y descomposición, más allá de cierto umbral superior, la cantidad de senescencia alcanza o supera el crecimiento nuevo de la pastura.

Existen pocas comparaciones entre y dentro de métodos de pastoreo. En el caso de suma térmica, u hojas vivas por macollo, a medida que se incrementa de 1 a 4 el número de hojas por macollo aumenta la acumulación de forraje. La densidad de macollos, por su parte, es mayor con defoliaciones en el estado de 2 hojas y defoliación alta (10 cm remanente) en comparación con defoliación a 1 hoja y baja (5 cm). La proteína bruta (PB) y la digestibilidad in vitro de la materia orgánica (DIVMO) disminuye con el número de hojas por macollos mientras la fibra detergente neutra (FDN) se incrementa (Kaufononga, 2015).

En el caso de frecuencias de defoliación cronológicas, en años húmedos y con alta acumulación de forraje, una defoliación más frecuente (12 vs 6 cortes año<sup>-1</sup>) permite acumular anualmente más forraje (Scheneiter y Améndola, 2012).

Los cambios estacionales en el crecimiento, el valor nutritivo y la densidad de la pastura se pueden agrupar en 4 períodos bien definidos durante el año (Tabla 1).

Tabla 1. Crecimiento, valor nutritivo y densidad de macollos de una pastura de festuca alta en diferentes épocas del año.

Época	Crecimiento <sup>1,2</sup> (kg MS <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	Valor nutritivo <sup>3</sup> (%)		Dinámica del macollaje <sup>4</sup> (macollos.100 macollos <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	
		FDN	DIVMS	Aparición	Muerte
1 sep - 15 nov	42 ± 13	60 ± 5	68 ± 4	0,7 ± 0,3	1,0 ± 0,3
16 nov - 31 ene	19 ± 4	61 ± 3	53 ± 9	0,3 ± 0,1	0,9 ± 0,3
1 feb - 30 abr	28 ± 9	53 ± 4	63 ± 4	0,6 ± 0,2	0,4 ± 0,1
1 may - 31 ago	11 ± 7	49 ± 5	69 ± 4	0,9 ± 0,2	0,3 ± 0,1

Fuentes: 1, Bertín y Rosso, 1988, 2, Scheneiter, 2012 (kg MS ha<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup>), 3, Bertín et al., 1991 (%), 4, Scheneiter y Améndola, 2012 (macollos.100 macollos<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>).

A continuación se presentan los resultados y conclusiones de una serie de experimentos sobre manejo de la defoliación en festuca alta, realizados en la EEA Pergamino y basados en la captura de la radiación. Los mismos permiten sugerir algunos aspectos prácticos de manejo que pueden modificar los valores de referencia de la Tabla 1. La información se agrupó en tres capítulos: acumulación y valor nutritivo del forraje, persistencia y producción de carne.



## Acumulación y valor nutritivo del forraje

La máxima cosecha anual de forraje se obtiene cuando el régimen de defoliación es severo y poco frecuente. Sin embargo, en pasturas base gramíneas perennes templadas, esto resulta en un deterioro de la estructura de la pastura debido a una reducción en la densidad de la población de macollos. En el otro extremo, un sistema de defoliación frecuente pero poco intenso (basado en evitar tiempos prolongados de pobre interceptación de luz) puede resultar en períodos con tasas altas de senescencia y pérdida de forraje, acompañados de cambios no deseados en la estructura de la pastura (Parsons, 1987).

Desde el punto de vista de la frecuencia y severidad del pastoreo, el control del estado reproductivo es la práctica de mayor efecto sobre la distribución estacional de forraje ya que, en coincidencia con el desarrollo de tallos y panojas desde mediados de septiembre a mediados de diciembre, se acumula entre el 50 y el 60 % del forraje anual. Varios experimentos, con diferentes enfoques, demuestran que el control o disminución de la manifestación del estado reproductivo reduce la acumulación de forraje entre septiembre y enero (Tabla 2). Eventualmente, la eliminación de los tallos florales, a mediados de noviembre o al final del verano (marzo) puede resultar en una mayor producción de forraje en otoño.

Asimismo, en otoño, los manejos que impliquen una mayor frecuencia de uso, o mayor intensidad de pastoreo, o menor asignación de forraje (en ocasiones implica una mayor carga animal) o mayor frecuencia de cortes pos-pastoreo también reducen la acumulación de forraje con respecto a manejos opuestos. Sin embargo, aunque las diferencias porcentuales entre intensidades de pastoreo pueden ser similares en primavera y en otoño, cuando las mismas se expresan en valores absolutos, los valores otoñales son menores que los primaverales.

Tabla 2. Efecto de distintos tratamientos de manejo del pastoreo sobre la acumulación de forraje en pasturas sobre la base de festuca alta, en septiembre-enero y marzo-junio.

Tratamiento	Intensidad del tratamiento sobre la pastura		Reducción porcentual de acumulación de forraje cuando se aplica el tratamiento más intenso con respecto al tratamiento menos intenso en septiembre-enero y marzo-junio		Referencia
	Mayor	Menor	Septiembre - Enero	Marzo -Junio	
La pastura se manejó con dos alturas de entrada y salida de los animales de la parcela.	17-7#	23-12#	100 -117 %	83 -125 %	D'Andrea et al, 1999
La pastura se manejó con dos asignaciones diarias de forraje en relación al peso vivo de los animales	2,5 %	4 %	95%	-----	Asurabarrena, 2013
El manejo consistió en un sistema sistemas de pastoreo rotativo con cambio de parcela a fecha fija según dos frecuencias de pastoreo durante todo el año.	Cada 28 días	Cada 56 días	124 -130 %	83 -114 %	Scheneiter y Améndola, 2012
En pasturas utilizadas con una asignación diaria	Con cortes pos pastoreo	Sin corte pospastoreo	14 - 120 %	39 %	Aperlo, 2017

de forraje equivalente al 3 % de peso vivo se efectuó el corte mecánico de tallos reproductivos post-pastoreo con dos frecuencias.	durante primavera y verano				
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------	--	--	--	--

# El primer número es la altura de entrada y el segundo la altura de salida de los animales a la parcela.

En primavera, varios aspectos contribuyen a maximizar la acumulación neta cuando los períodos de defoliación entre pastoreos son más prolongados y poco severos. Entre ellos se pueden mencionar: a) aumento del potencial fotosintético de las hojas y de la pastura por la elongación de los tallos y una mayor exposición a la luz, b) incremento del período de crecimiento lineal de la pastura y se puede alcanzar un IAF crítico más elevado, c) senescencia más lenta de los tallos que las hojas y d) mayor partición de asimilatos a la parte aérea (Parsons, 1987). A nivel local, se ha encontrado que el pastoreo con baja carga o menor intensidad en primavera permite una mayor acumulación neta de forraje con respecto a otras épocas (Scheneiter et al., 2001). Esto es debido a que el crecimiento bruto es mayor con baja carga con respecto a alta carga, mientras la menor senescencia que ocurre con este último, con respecto a baja carga, no llega a compensar la diferencia en crecimiento bruto. Por lo tanto, el crecimiento neto en primavera - verano es mayor con baja carga (Bertín et al., 1999).

En relación al valor nutritivo de la pastura, tanto la prevención de estructuras reproductivas, con elevados porcentajes de tejidos de sostén de bajo valor nutritivo, como el impedimento de acumulación de material senescente o muerto contribuyen a mantener aceptables valores de calidad. Así, en primavera temprana, antes de floración, no caben esperar diferencias importantes en el valor nutritivo entre distintos manejos del pastoreo mientras que en otoño con valores intermedios, la mayor carga/frecuencia conduce a una mayor DIVMS (4,3 %) y menor FDN (8%, Asurabarrena, 2013). Esto es consecuencia de i) un mayor porcentaje de hoja cuando se limita la manifestación del estado reproductivo en primavera (72 vs 53 %) y se promueve una estructura cespitosa de la pastura en otoño (97 vs 57 %) y ii) menor acumulación de material muerto durante todo el año (en promedio, antes de cada pastoreo, 0,47 vs 0,99 kg MS ha<sup>-1</sup>).

Como resumen de este punto se puede decir que, excepto con manejos extremos durante todo el año (pastoreo frecuente e intenso vs pastoreo esporádico y poco intenso) el efecto manejo del pastoreo sobre la acumulación y valor nutritivo del forraje está relacionado con el grado de control del estado reproductivo en primavera y, en menor medida, con el manejo otoñal.

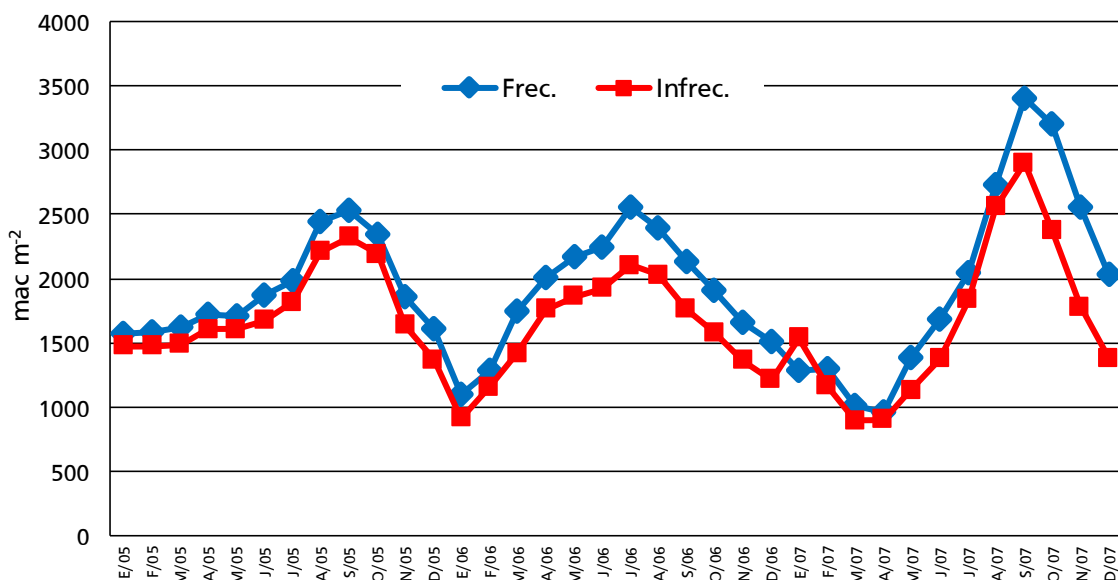
## Persistencia

En tanto que la densidad de macollos es uno de los componentes estructurales de la pastura que determinan el IAF, y con ello la acumulación de forraje, es central lograr una suficiente densidad de macollos para mantener la productividad de la pastura. Estacionalmente, la densidad de macollos en invierno es la clave para obtener más forraje en esa estación.

El manejo del pastoreo afecta la densidad de la pastura. De este modo pastoreos frecuentes y/o bajos promueven el macollaje (Figura 1). A lo anterior se añade que el estado de la nutrición nitrogenada de la festuca alta determina el efecto del manejo del pastoreo sobre la densidad de la población de macollos. De ahí que, en condiciones de adecuado suministro de Nitrógeno, el pastoreo frecuente promueve el macollaje, mientras lo perjudica en condiciones de deficiencia nitrogenada. Un aspecto a tener en cuenta es que el pastoreo frecuente con baja masa de forraje en verano conduce a un deterioro de la estructura de la pastura y la persistencia.

La densidad de macollos en invierno es la clave ya que es la llave para obtener más forraje en esa estación.

Figura 1. Densidad de la población de macollos de festuca alta con dos frecuencias de pastoreo



El pasaje de los macollos al estado reproductivo deprime transitoriamente la formación de nuevos macollos ya que los asimilatos de las plantas son preferencialmente asignados al tallo reproductivo en crecimiento (Scheneiter, 2012). Sin embargo, también es conocido que la existencia de destinos demandantes de asimilatos estimula la fotosíntesis y la fijación de carbono (Lemaire y Agnusdei,

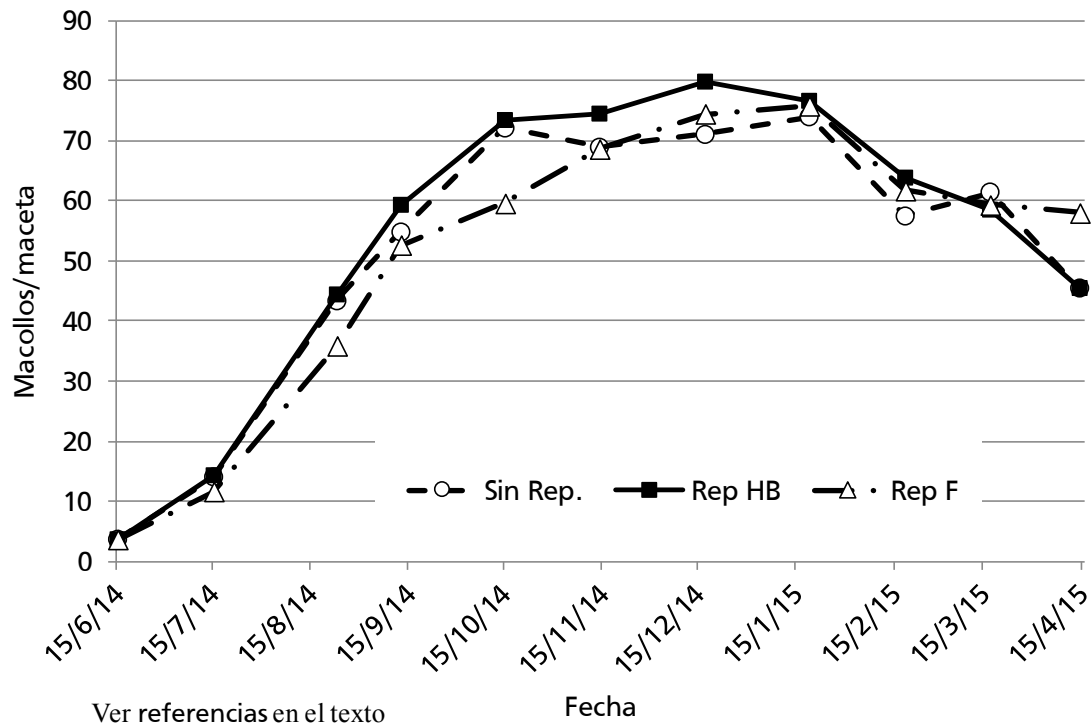
1999). Por lo cual, asimilatos inicialmente disponibles para el desarrollo reproductivo pueden ser dirigidos posteriormente al desarrollo de macollos hijos a partir de yemas de los macollos presentes (Chapman and Lemaire, 1993). De este modo, si se eliminan tempranamente los tallos reproductivos a principios de primavera, las plantas demandan y fijan menos asimilatos para la posterior aparición de nuevos macollos (Sacoccia y Scheneiter, 2017).

En términos de demografía de la pastura, con la eliminación temprana en primavera de macollos reproductivos hay una menor tasa de muerte de macollos. Esto se debería a la menor competencia de los macollos más desarrollados lo cual se manifiesta inicialmente en una alta densidad de la población de macollos. Posteriormente, debido al desacople temporal entre la aparición y muerte de macollos (Scheneiter y Améndola, 2012), ocurren altas tasas relativas de muerte de macollos. Consecuentemente, desde mediados de primavera hasta el otoño, el balance entre la aparición y la muerte de macollos resulta en una menor densidad de la población de macollos comparado con la eliminación tardía de los macollos reproductivos. En la Figura 2 se puede ver la densidad de macollos de festuca alta en respuesta a tres manejos de la defoliación durante el período reproductivo. Estos fueron: i) cortes cada 550 C, a 7 cm de altura, de todos los macollos. En este caso no hubo macollos reproductivos (Sin Rep.), ii) cortes cada 550 C, a 7 cm de altura, de macollos vegetativos y de los reproductivos en el estado de hoja bandera o panoja embuchada (Rep. HB) y iii) cortes cada 550 C, a 7 cm de altura, de macollos vegetativos y de los reproductivos en el estado de floración (Rep. F).

Cuando se permite que los macollos reproductivos permanezcan hasta la floración, el efecto sobre la aparición y supervivencia de macollos se manifiesta hasta diciembre con una depresión en la densidad de macollos en comparación una eliminación más temprana. Si bien, con este manejo hay una elevada tasa relativa da aparición temprano en primavera, esta es seguida en octubre, en presencia de tallos florales, por una alta tasa relativa muerte de macollos. Luego de removidos los tallos florales, la densidad de macollos se incrementa relativamente más que con la eliminación más temprana diferenciándose claramente de los otros tratamientos en otoño.

Cuando los macollos reproductivos se eliminan en estado de hoja bandera evidencian, con respecto a una eliminación más temprana o más tardía, un comportamiento intermedio en cuanto a tasas relativas de aparición y muerte de macollos. Esto resulta en altas densidades de la población de macollos en primavera en comparación con los otros tratamientos. Esto ocurre porque, probablemente, las plantas se benefician inicialmente con la presencia de un destino demandante de asimilatos, como lo son los tallos reproductivos en formación, pero a su vez se remueven cuando pueden comenzar a competir por recursos con la formación de nuevos macollos y sombrear la base de la planta. En tal sentido es conocido que la entrada de luz en la base de la planta estimula el macollaje (Deregibus et al., 1983) ya que bajo condiciones de restricción lumínica, los asimilatos son preferentemente dirigidos al macollo existente en lugar de crear nuevos macollos (Deregibus et al., 1985; Casal et al., 1987).

Figura 2. Densidad de macollos de festuca alta con defoliación de macollos reproductivos en diferentes estados de desarrollo



De acuerdo a lo anterior, en el largo plazo la estructura de una pastura se beneficia si i) se evitan largos períodos de excesiva acumulación de forraje durante el año, ii) no se pastorea severamente en verano y iii) se asegura un adecuado suministro de nitrógeno a la pastura. En el corto plazo, el tiempo que se permita expresar el período reproductivo en primavera define la densidad de macollos desde esa estación hasta el otoño.

### Producción de carne

En un ensayo realizado para evaluar el efecto de dos asignaciones de forraje de 2,5 y 4,0 % del peso vivo (Asurabarrena, 2013) se comprobó que las ganancias de peso fueron altas al principio de la primavera y luego disminuyeron hacia el final de la primavera y durante el verano hasta representar un 25-50 % de estos valores, según períodos y tratamientos (Tabla 3).

Tabla 3. Ganancia diaria de peso vivo en pasturas de festuca alta y trébol blanco utilizadas con dos niveles de asignación de forraje, en cuatro periodos de evaluación (g animal-1 día-1).

Período	4,0 %	2,5 %
13/10-14/11	1.626	1.388
24/11-24/12	551	698
9/1-8/2	396	406
18/2-19/3	426	389

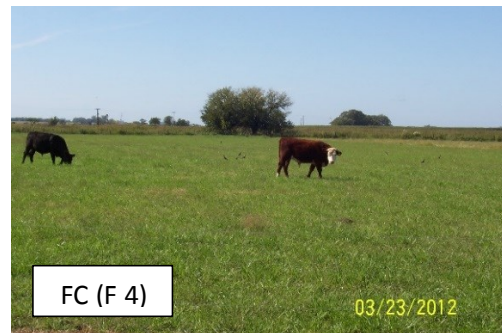
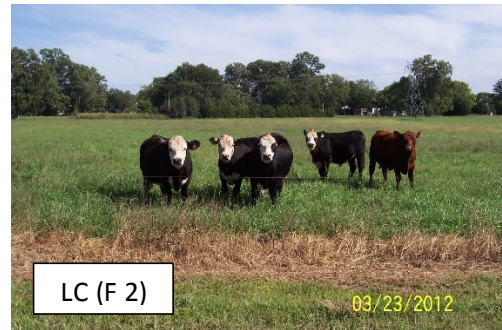
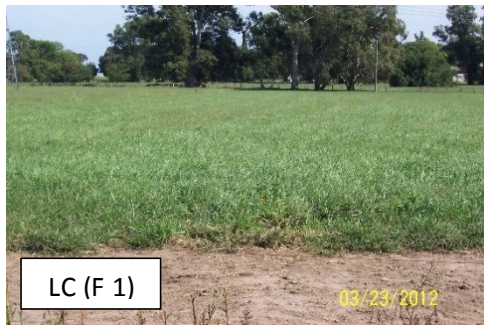
En ese experimento, la ganancia diaria de peso vivo en función del tiempo se ajustó a un modelo lineal para ambos tratamientos y fue de 690 g día<sup>-1</sup> en 4,0 % ( $p < 0,001$ ,  $r^2 = 0,90$ ) y de 630 g día<sup>-1</sup> en 2,5 % ( $p < 0,001$ ,  $r^2 = 0,91$ ), sin diferencias estadísticas entre ambos.

Las altas tasas de crecimiento y calidad de las pasturas al inicio de la primavera, junto con un ambiente favorable, coinciden con los antecedentes generales que indican ganancias máximas en pasturas de festuca alta en el período septiembre - noviembre. En cambio, es común observar bajos incrementos de peso vivo en verano en coincidencia con una baja disponibilidad y digestibilidad del forraje (Scheneiter, 2010). A su vez, la similar ganancia individual con ambos tratamientos evidenciaría compensaciones entre las características favorables para ello. De este modo, con baja asignación de forraje hay mayor presencia de leguminosas y valor nutritivo en algunos períodos del año mientras que, con alta asignación de forraje existe la posibilidad de selección de especies y partes de la planta por parte del animal (Mott, 1960). En producción de carne se observó una tendencia ( $p < 0,12$ ) a una mayor producción con 2,5 % con respecto a 4 % de asignación (812 vs 665 kg carne ha<sup>-1</sup>). Esto sería producto de una mayor carga global (8,3 vs 6,2 animales ha<sup>-1</sup>,  $p < 0,07$ ) ya que el aumento de peso de los animales en el período fue similar (98 y 107 kg animal<sup>-1</sup> para 2,5 y 4 %, respectivamente).

La producción de carne alcanzada en el experimento, producto de dos estrategias de ajuste de carga animal, resultó comparativamente elevada para un período de 7 meses. Por ejemplo Bertín et al. (1999) midieron producciones anuales de entre 421 y 578 Kg. de carne ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en pasturas de festuca y de leguminosas bajo pastoreos continuos con dos cargas animales. Esta diferencia entre

ambos experimentos puede deberse a que durante el primero, las precipitaciones resultaron un 52 % mayores que el período histórico.

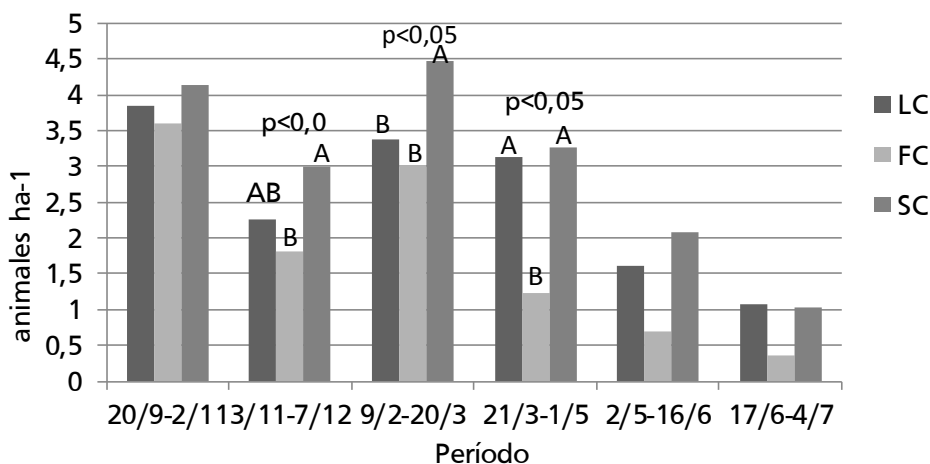
En otro experimento, en el que se evaluaron tres frecuencias de corte pos-pastoreo: i) un solo corte en el estado de floración –LC- (Fotos 1 y 2), ii) cortes durante primavera y verano cada vez que los animales cambiaban de parcela –FC-, Fotos 3 y 4) y iii) sin cortes durante todo el año–SC- (Fotos 5 y 6).



La carga animal promedio tendió a ser mayor en SC con respecto a FC (3,4, 2,9 y 2,1 animales/ha para SC, LC y FC, respectivamente,  $P < 0,06$ , Figura 3).



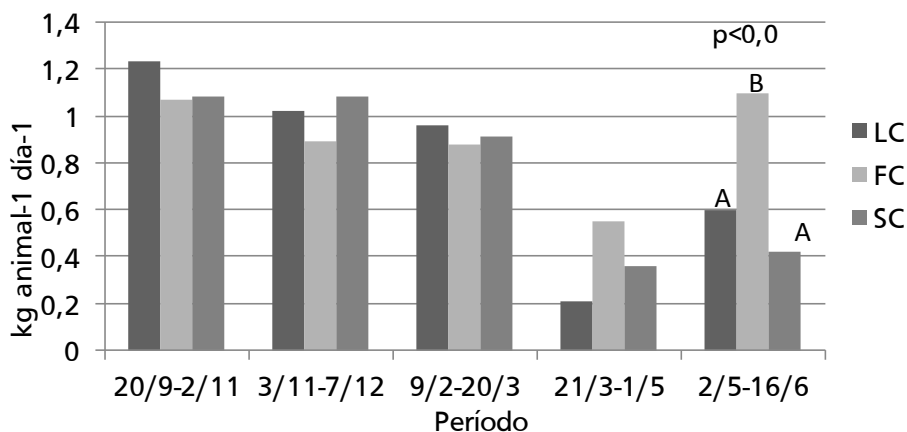
Figura 3. Carga animal total en pasturas de festuca alta con tres manejos durante primavera y verano



Referencias: SC, sin cortes mecánicos; LC: un corte mecánico; FC: tres cortes mecánicos. Letras diferentes en cada período indican diferencias significativas entre tratamientos.

La ganancia de peso fue mayor en los animales con el tratamiento FC hacia el final del período experimental (Figura 4).

Figura 4. Ganancia diaria de peso vivo en pasturas de festuca alta con tres manejos durante primavera y verano



Referencias: SC, sin cortes mecánicos; LC: un corte mecánico; FC: tres cortes mecánicos. Letras diferentes en cada período indican diferencias significativas entre tratamientos.

Los animales ingresaron con un peso vivo promedio de  $224,7 \pm 20,8$  kg. Al final del período experimental se detectaron diferencias entre tratamientos cuando los animales del tratamiento FC

superaron a los del SC (425, 410 y 390 kg animal-1 para FC, LC y SC, respectivamente,  $p < 0,05$ ). La producción total de carne no evidenció diferencias al haber compensaciones entre tratamientos entre carga y ganancia de peso (417 kg carne ha-1).

En base a lo anterior se desprende que el manejo del pastoreo determina, a través de la severidad y la frecuencia (especialmente en primavera), la cantidad y calidad del forraje disponible el animal en pastoreo y con ello la carga animal y la ganancia diaria de peso.

## Bibliografía

- Aperlo, D. y Scheneiter, J.O. 2017. Son necesarios los cortes post pastoreo en pasturas de festuca alta? INTA, Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Revista de Tecnología Agropecuaria 33: 50-54.
- Asurabarrena, M.E. 2013. Producción secundaria en mezclas de festuca alta y trébol blanco con dos niveles de asignación de forraje. Trabajo Final de Grado. Carrera Ingeniería Agronómica, Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales. Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires. 31 pp.
- Bertín, O. y Rosso, B. 1989. Distribución estacional del rendimiento de forraje de gramíneas perennes templadas. I Festuca alta. En Forrajeras y Producción Bovina, Resultados Comprobados N 68. INTA, EEA Pergamino, 2 pp.
- Bertín, O.D., Carrete, J.R., Scheneiter, J.O. y Basail, J. 1999. Producción de forraje y de carne, y su resultado económico en pasturas de festuca alta y leguminosas. Pergamino. Estación Experimental Agropecuaria. Revista de Tecnología Agropecuaria 10 (IV): 7-12.
- Casal, J.J., Sánchez, R.A. and Deregibus, V.A. 1987. Tillering response of *Lolium multiflorum* plants to changes of red/far red ratio typical of scarce canopies. Journal of Experimental Botany. 38: 1432-1439.
- Chapman, D.F. and Lemaire, G. 1993. Morphological and structural determinants of plant regrowth after defoliation. Proceedings of XVII International Grassland Congress 95-104.
- Correa, N. 2013. Análisis ecofisiológico de la acumulación otoñal de forraje en festuca alta (*Festuca arundinacea*) con diferentes tratamientos de riego y fertilización y en agropiro alargado (*Thynopyrum ponticum*) con diferentes tratamientos de fertilización. Tesis UN Luján. 13 pp
- D'Andrea, F., Scheneiter, O. y Pagano, E. (1999) Crecimiento del trébol blanco asociado con festuca alta y cebadilla criolla en pasturas utilizadas con dos alturas de pastoreo. Revista de Tecnología Agropecuaria IV (12). INTA EEA Pergamino. pp 34-37.
- Deregibus, V.A., Sánchez, R.A. and Casal, J.J. 1983. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. Plant Physiology. 72: 900-912.
- Deregibus, V.A., Sánchez, R.A., Casal, J.J., Trlica, M.J. 1985. Tillering responses to enrichment of red light beneath the canopy in a humid natural grassland. Journal of Applied Ecology. 22: 199-206.
- Kaufononga, S. 2015. Comparative response of tall fescue (*Lolium arundinacea* Scheber) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) swards in response to variation in defoliation interval and height. Thesis M. Sc. University of Massey, Palmerston North, New Zealand. 88 pp.

Lemaire, G. and Agnusdei, M.G. 1999. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: Simpòsio Internacional Grassland Ecophysiology and Ecology (1999, Curitiba). Anais. Curitiba, Universidade Federal do Paraná. pp. 165-186.

Marino, M.A. y Agnusdei, M. 2007. Manejo estacional del suministro de nitrógeno en pasturas de *Festuca arundinacea* Schreb. (Sudeste Bonaerense, Argentina). Crecimiento y eficiencia de uso de los recursos. ALPA, Cuzco, 2007.

Parsons, J. 1998. The effect of season and management on the growth of grass swards. In: Jones, M.B and Lazemby, A. (Eds.). The grass crop. The physiological basis of production. London. Chapman and Hall Ltd. Pp 129-177.

Saccocia, M.J. y Scheneiter, J.O. 2017. El macollaje en festuca alta y agropiro alargado según la defoliación en el estado reproductivo. INTA, EEA Pergamino. Revista de Tecnología Agropecuaria 33: 55-59.

Scheneiter, J.O. and Améndola, C. 2012. Tiller demography in tall fescue (*Festuca arundinacea*) swards as influenced by nitrogen fertilization, sowing method and grazing management. Grass and Forage Science, 67, 426-436.

Scheneiter, J.O. 2012. Manejo de pasturas de festuca alta en primavera.

<http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/articulos/manejo-pasturas-festuca-alta-t4499/p0.htm>

## Fertilización mineral en pasturas en base a festuca alta

Martin Bigliardi (Gentos)

La Festuca es sin dudas la forrajera más adaptada a la región pampeana. Tiene características de adaptarse al clima, el suelo y distintos manejos, siendo muy estable en producción, y con adecuado manejo se logran buenas producciones animales tanto de carne como de leche.

Dentro de las festucas hay varias subespecies que tienen características bien diferenciadas, dentro de las cuales las dos principales son la templada o continental que es la mayormente difundida y la subespecie mediterránea, que a diferencia de la anterior tiene mayor producción invernal, y presenta una latencia estival.

Como todas las especies vegetales requiere una buena nutrición para maximizar su potencial y en la región pampeana, Entre Ríos, sur de Santa Fe, sur de Córdoba, parte de la Pampa y provincia Buenos Aires los dos principales nutrientes limitantes para ésta especie son el fósforo y el nitrógeno, aunque en algunos lugares se han detectado deficiencias de otros minerales. El nutriente más limitante suele ser el nitrógeno aunque por la ley del Mínimo, una baja provisión de fósforo suele ser tanto o más restrictiva en la producción que el nitrógeno.

Cómo temas básicos se han hecho Muchos trabajos en los cuales se ve que la falta de estos nutrientes baja la producción, persistencia, momento de entrega del forraje y también en forma muy importante la calidad del mismo. Esto mismo se tiene bien estudiado en otros países como Gran Bretaña, Francia, Nueva Zelanda y Australia para dar algunos ejemplos,

El P, interviene en muchos aspectos como en transporte de Energía, algunos fosfolípidos y proteínas, y afecta principalmente el desarrollo radicular que a su vez afecta la captación de agua y otros nutrientes.

Los ensayos productivos están vastamente desarrollados y hay respuesta económicamente viable en fósforo con menos de 12 PPM de P a partir del cual habría que hacer reposición del P, ya que a partir de los cuales la respuesta no es tan Clara.

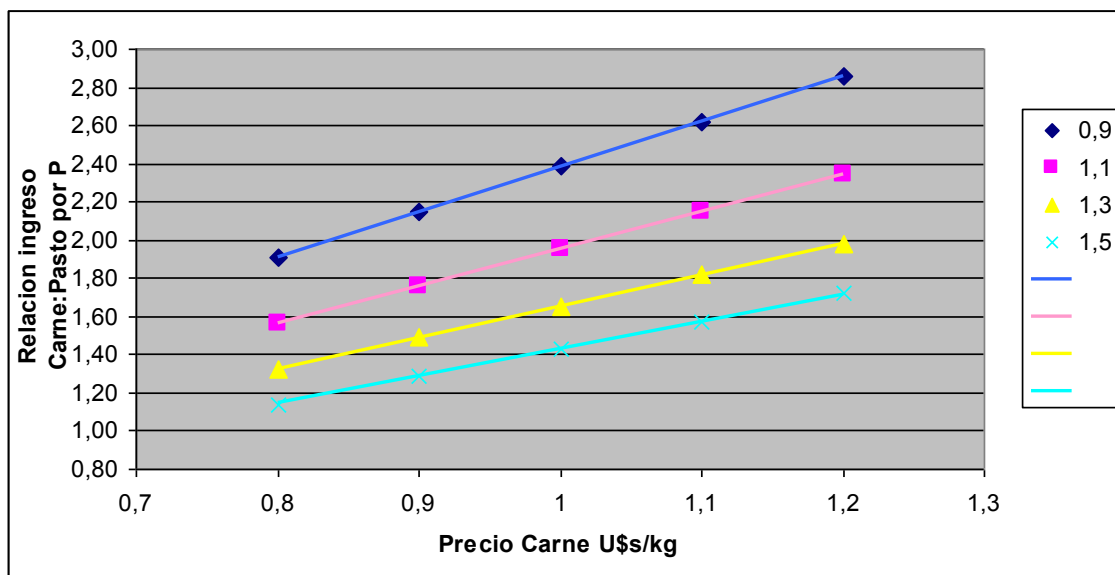
Las respuestas esperadas al uso de P fluctúan entre 100 y 300 kg. de MS/kg de P (cerca de 1000 a 3000 kg de MS/cada 100 kg de SPT) y como promedio cerca de 150 kg de MS/kg de P.

Limitantes de fósforo La respuesta es bastante segura consistente confiable siempre y cuando la humedad no sea muy limitante como en algunas regiones de San Luis y la Pampa y se registran respuestas cercanas a 3 toneladas de materia seca por cada 20 kilos de fósforo elemento.

Evaluación de respuesta a Fertilización en la Cuenca del Salado

Pastura: Fest. Taita 15 kg + T. blanco Goliath/Aquiles 1,5 kg + L. ténis La Esmeralda 4 kg		120 PDA + refertilizaciones	0 PDA
Acumulado Desde 4/06-4/08		20080	13780
Índice	Abril de 2006 a abril de 2008	146	100

En el siguiente grafico se demuestra que la relación de ingreso es siempre positiva, las distintas series representan el precio del kilo de fertilizante, según las condiciones del cuadro anterior. Vemos que aun con un costo de 1500 u\$/tn y precio de carne de 0,8 u\$/kg la relaciones es mayor a 1.peso recuperado por peso invertido



## Decisión económica para el uso de fertilizantes fosforados

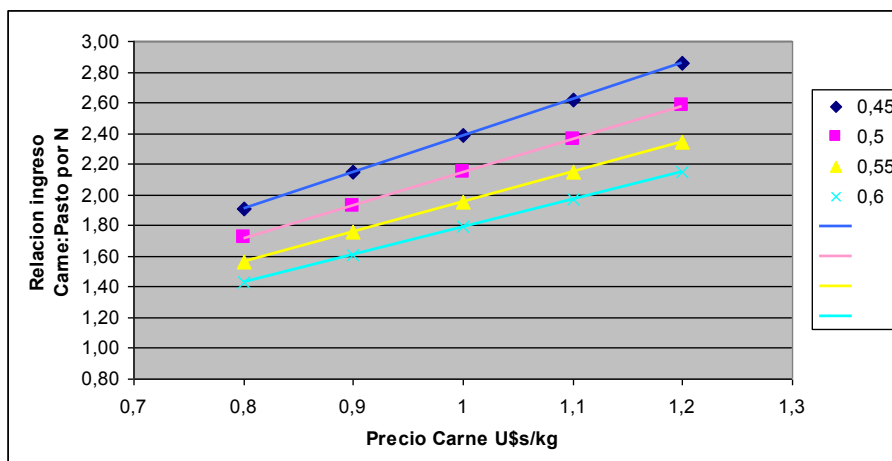
1 P elemento = 2,28 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
Eficiencia de Uso	60	kg MS/kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Contenido de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> del fertilizante	46	kg/100kg
Precio Fertilizante	550	u\$/tn
Costo de MS adicional	20	u\$/tn
Aplicando supuestos de producción de carne se puede considerar el costo de producción de carne a partir de pasto producido con fertilizaciones fosforadas		
Eficiencia de conversión	15	kg MS producidos/kg carne
Valor Dólar	28.00	\$/u\$
Costo de MS	0.56	\$/ kg MS
Costo carne	8.37	\$/kg
Precio Carne	40.00	\$/kg
Relación	4.78	Carne: Producción pasto por P

Por el lado del nitrógeno si una festuca produce 10 toneladas materia seca estaría produciendo cerca de 1,6 toneladas de proteína que es un poco más de 250 kilos de nitrógeno parte que está disponible por el suelo y el resto y sobre todo en algunos momentos del año hay que proveérselo al sistema.

En el caso del nitrógeno es mucho más variable la respuesta, según la época del año y la humedad disponible y sobretodo del nitrógeno disponible. En general la respuesta es mayor a la salida del invierno, moderada y variable en otoño en general es baja en invierno ya que la limitante es la temperatura y en verano por falta de humedad y en general por buen aporte de las leguminosas acompañantes y buena mineralización.

Éstas respuestas mayores se la suele obtener cuando menos a nitrógeno en el suelo hay y que la festuca en este caso tiene condiciones de crecimiento, más la mediterránea que la continental todavía, y no se encuentra el nitrógeno disponible por consumo continuo de las plantas y la falta de mineralización durante el invierno. Eso genera las más altas respuestas que pueden ir desde los 15 hasta más de 30 kilos de materia seca por kilo de nitrógeno que entre 20 y 25 son respuestas bastante confiables siempre y cuando haya humedad, sobre todo en zonas más hacia el oeste, donde las lluvias de invierno son muy escasas y recién arrancan para septiembre u octubre en la zona más húmeda la salida de invierno es bastante confiable con respecto a las lluvias y la respuesta al nitrógeno prácticamente todos los años está garantizada.

Al igual que en la fertilización fosforada, vemos que la relación de uso de nitrógeno es conveniente aún con precios de carne bajos y distintos precios de urea en las series.



### Decisión económica para el uso del Fertilizantes Nitrogenados

Eficiencia de Uso	22	kg MS/kg N
Contenido de N del fertilizante	46	kg/100kg
Precio Fertilizante	450	u\$/tn
Costo de MS adicional	44	u\$/tn

Aplicando supuestos de producción de carne se puede considerar el costo de producción de carne a partir de pasto producido con fertilizaciones de N

Eficiencia de conversión	15	kg MS producidos/kg carne
Valor Dólar	28.00	\$/u\$
Costo de MS	1.25	\$/ kg MS
Costo carne	18.68	\$/kg
Precio Carne	40.00	\$/kg
Relación	2.14	Carne: producción pasto por N

### Calidad forrajera

Una de las formas de ver la calidad forrajera es a través del % de proteína, que cuando el N del suelo es bajo la planta baja el % de ésta.

Esto lo vuelve un alimento de menor valor nutritivo pero a su vez, para alcanzar el mismo volumen en el cual se garantiza un buen tamaño de bocado, una planta menos nutrida tarda más tiempo, ya



que las hojas aparecen por acumulación de temperatura, más tiempo significaría tener más hojas, y a partir de la tercera hoja viva por macollo, se empiezan a morir las más viejas, quedando un acumulado con mucho más material muerto, con gran envejecimiento de la pastura.

Otro tema fundamental es la persistencia ya que aumenta el número de macollos y sobrevive mejor al verano.

### 3.2 Densidad de macollos

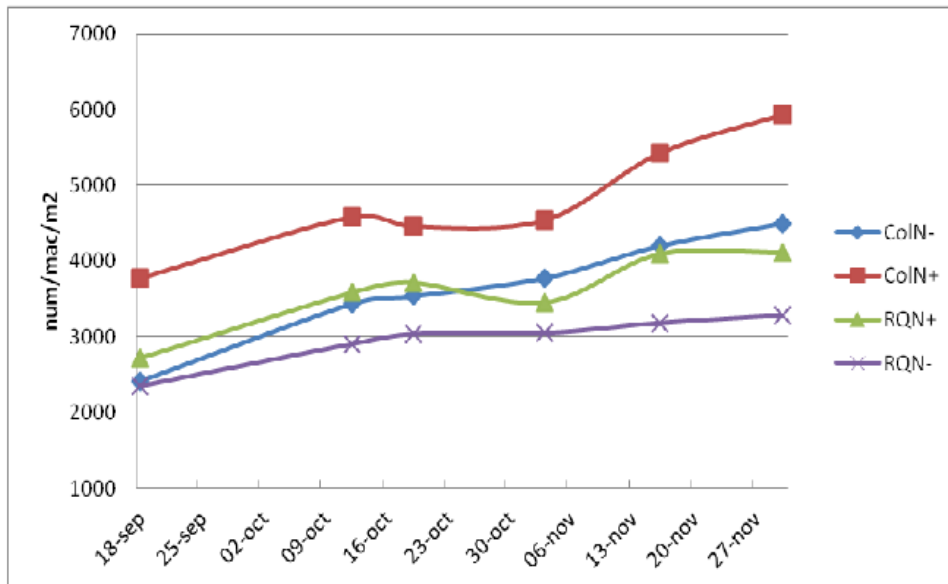


Figura 2: Evolución del número de macollos en el periodo de medición.

Ensayo de Castro, SM, observando nº de macollos/m<sup>2</sup> en 2 variedades de Festuca con y sin N

### Para qué fertilizar

- Para aumentar las producción
- Para aumentar la persistencia
- Cambiar el momento en que nos entrega la producción
- Para balancear las pasturas
- Para aprovechar mejor otros recursos como el agua
- Para mejorar la calidad forrajera

## Bibliografía

Darwich N, 1992. Fertilización de praderas. Forrajes 92.

García F et al 2002 Fertilización de forrajes en la Región Pampeana

Berardo A. 1975. Evolución de la disponibilidad de fósforo en el suelo bajo pasturas fertilizadas y su relación con la magnitud de la respuesta.

Bazzanti A y Darwich N A. 1986. Estudio de factores limitantes en el desarrollo y persistencia de pasturas perennes.

Taboada M A y Lavado R S. 1988. Grassing effects on soil bulk density in the flooding pampa of Argentina.

Marino MA y Agnusdei MG. 2004. Claves para lograr pasturas productivas de alta calidad nutritiva para el ganado: fertilización estratégica y manejo del pastoreo.

Tyson BR, Fulckenson WJ. 1990. Intensive pasture management the Tasmanian Developer of Agriculture.

Tisdale SL, Nelson WLFertilidad de suelos y Fertilizantes

Lynch PB Nitrogen Fertilisers in New Zealand Agriculture

# Manejo sitio-específico en ambientes ganaderos<sup>1</sup>

Ezequiel Pacente (INTA)

Hasta la década de 1960, la producción agropecuaria en la región pampeana estaba distribuida en tres zonas, una predominantemente agrícola, otra mixta en las que la agricultura se rotaba con la ganadería y una principalmente ganadera (Satorre 2005; González y Román 2009). Con el transcurso de los años, a través del proceso de agriculturización, la producción de granos desplazó a la ganadería, en especial a la cría, a los suelos de menor aptitud (halomórficos -sódicos, salinos y salinos-sódicos, normalmente con hidromorfismo), en donde los cultivos agrícolas no pueden prosperar. Por consiguiente, las pasturas y cultivos forrajeros anuales de los sistemas mixtos y ganaderos fueron reemplazados principalmente por los cultivos de soja, maíz, trigo y girasol (Rearte 2010) y la carga animal aumentó en las áreas menos fértiles (Rodríguez y Jacobo 2010).

Dentro de la región Pampeana, la Pampa Deprimida se caracteriza por poseer la mayor superficie de suelos no aptos para los cultivos agrícolas, en donde la cría de ganado vacuno sobre pastizales naturales es la actividad agropecuaria preponderante (Rodríguez y Jacobo 2012). El hidromorfismo y el halomorfismo son procesos característicos de los suelos de esta sub-región, que pueden ocurrir simultáneamente o en forma independiente y son el resultado de la posición en el relieve y de las propiedades físicas y químicas de los suelos, que a su vez determinan las características de las comunidades vegetales de estos pastizales (Batista y León 1992). Estos procesos edáficos no son exclusivos de esta subregión, también en la Pampa Ondulada y en las otras subregiones existen ambientes similares en cuanto a estructura y funcionamiento de la vegetación en las posiciones bajas del relieve, principalmente en las cercanías de los cursos de agua (Martín et al. 2007).

Estos ambientes se caracterizan por tener una alta heterogeneidad edáfica, determinada por una gran variabilidad en características, tales como: el espesor de los horizontes orgánicos, la presencia de horizontes gleizados, la profundidad de la napa freática, el contenido de ciertos iones, la existencia de impedimentos físicos o la frecuencia de inundaciones (Cauhépé et al. 1982). Esta heterogeneidad edáfica determina, a su vez, una alta diversidad de especies que se agrupan en comunidades vegetales adaptadas al tipo de suelo y a la posición en el relieve que ocupan (Cauhépé et al. 1982; Batista et al. 2005).

Mediante la investigación y caracterización de cada sub-ambiente y su comunidad vegetal asociada, es posible aplicar prácticas agronómicas específicas que permitan un uso óptimo de los recursos: suelo, agua, nutrientes y especies de valor forrajero, mediante el manejo sitio-específico. Este se define como el manejo de los cultivos en una escala espacial menor que la del lote (Plant 2001; Corwin y Lesch 2005). Su principio básico radica en que la variabilidad espacial del ambiente en un mismo lote afecta diferencialmente al crecimiento de las especies vegetales. Esta variabilidad espacial

es el resultado de una compleja interacción de factores biológicos (plagas, mesofauna, microorganismos), edáficos (porcentaje de sodio intercambiable, salinidad, profundidad de la napa freática, materia orgánica, nutrientes, textura), topográficos (pendiente, altitud), climáticos (humedad relativa, temperatura, precipitaciones) y antropogénicos (compactación) (Van Uffelen et al. 1997; Corwin y Lesch 2005). Si estas variaciones pueden ser determinadas y cuantificadas (Plant 2001; Horney et al. 2005), se puede dividir el lote en zonas de ordenación más pequeñas que sean homogéneas en las propiedades de interés (Zhang et al. 2002; Gambaudo et al. 2012). Luego se pueden ajustar las prácticas de manejo para obtener una respuesta óptima en los diferentes lugares del lote, al aplicar un insumo en la cantidad que la zona requiera y no en áreas en las cuales no se espera respuesta a la tecnología aplicada (Horney et al. 2005; Gambaudo et al. 2012). De esta manera se hace eficiente el uso de los insumos, se maximiza la producción del cultivo y se minimiza el efecto negativo que tienen los agroquímicos sobre el ambiente (Van Uffelen et al. 1997; Stafford 200; Corwin y Lesch 2005). Senay et al. (1998) (citado en Plant 2001) distinguen tres formas de medir la variabilidad espacial, una continua a través del control del rendimiento (producción de grano, monitores de rendimiento), otra discontinua a través del muestreo por puntos de las propiedades del suelo o de las plantas y otra de forma remota mediante fotografías aéreas, imágenes satelitales y cartas de suelo. La primera alternativa se utiliza exclusivamente para la agricultura y las dos restantes también pueden ser usadas para determinar la heterogeneidad en ambientes ganaderos.

En pastizales naturales con alta heterogeneidad edáfica, la identificación de cada ambiente (suelo-comunidad vegetal), y su posterior manejo sitio-específico sería una herramienta para incrementar la producción de forraje (PF) y, por lo tanto, la producción ganadera de forma eficiente en ambientes heterogéneos. Otra herramienta para llegar al mismo fin siguiendo los mismos criterios que la anterior, sería el "manejo sitio-específico eficiente" que consiste en aplicar a cada unidad homogénea el tratamiento que es más eficiente en el uso de los insumos en relación al beneficio obtenido. Por lo tanto, en cada comunidad se la maneja en función de la práctica agronómica que sea más productiva y que requiera menos insumos.

En un lote de pastizal natural, ubicado en el partido de San Pedro, se aplicaron los conceptos de manejo sitio-específico mencionados anteriormente. Dicho pastizal estaba compuesto por tres comunidades vegetales principales, de acuerdo al predominio en su composición botánica, denominadas de festuca alta (FA), raigrás-sporobolus (R-S) y agropiro alargado (AA), adaptadas a las características edáficas y posición topográfica del ambiente que ocupan. El suelo de la primer comunidad es un Argiudol vértico fase hidromórfica, el de la segunda comunidad es un Natracualf típico y por último, el suelo de la comunidad de agropiro alargado es un Natracualf típico fase erosionada. A cada una de las comunidades, se aplicaron tres tratamientos, "control"; "manejo de bajos insumos" y "manejo sitio-específico". El período experimental abarcó un año completo para incluir las cuatros estaciones.

Control: Frecuencia de defoliación de  $550\pm 50$  C-días para las tres comunidades. No incluyó fertilización fosforada, enmienda ni intersembra de leguminosa.

Manejo de bajos insumos: Frecuencia de defoliación de  $550\pm 50$  C-días y fertilización fosforada (con superfosfato triple de calcio -SPT-) para llevar el nivel de fósforo edáfico a 5 ppm en las tres comunidades por igual.

Manejo sitio-específico: Se aplicó a cada comunidad la combinación de prácticas agronómicas requeridas en función de sus limitantes. En la comunidad dominada por festuca alta se intersembró al voleo trébol blanco (300 semillas viables.m<sup>-2</sup>) y la frecuencia de defoliación fue determinada por la vida media foliar de festuca ( $550\pm 50$  C-días, Colabelli et al. 1998). En la comunidad de raigrás-sporobolus se intersembró al voleo lotus tenuis (300 semillas viables.m<sup>-2</sup>) y la defoliación durante fines de otoño y principios de primavera fue en función de la vida media foliar de raigrás anual ( $350\pm 50$  C-días, Agnusdei 1999) y desde mediados de primavera hasta mediados de otoño fue en función de la vida media foliar de sporobolus ( $700\pm 50$  C-días, Agnusdei 1999). En la comunidad dominada por agropiro alargado se intersembró melilotus (300 semillas viables.m<sup>-2</sup>) y agropiro alargado (300 semillas viables.m<sup>-2</sup>) y la defoliación fue en función de la suma térmica para agropiro ( $800\pm 50$  C-días, Colabelli et al. 1998). En esta comunidad se aplicó al voleo yeso para bajar el pH y corregir el porcentaje de sodio intercambiable. Para llevar el PSI de 73 a 5 % era necesario aplicar 33.000 kg yeso.ha<sup>-1</sup>. Como esta práctica sería muy costosa para realizarla de una sola vez, se siguió la recomendación de Taboada y Lavado (2009) de usar dosis menores y repetir la práctica todos los años. Se aplicó yeso agrícola en una dosis equivalente a 3.000 kg yeso.ha<sup>-1</sup> el día 6 de mayo de 2015 en la comunidad de agropiro. En las tres comunidades se elevó el nivel de fósforo a 10 ppm. La fertilización al voleo con superfosfato triple de calcio se realizó el 6 de mayo del 2015. Las dosis empleadas de SPT para elevar el nivel de fósforo a 5 y 10 ppm fueron de 109 y 219, 90 y 180, 84 y 169 kg.ha<sup>-1</sup> para FA, R-S y AA, respectivamente.

En función de los resultados obtenidos en cada comunidad y tratamiento, se realizó una simulación para estimar la PF total a escala del lote bajo cada tratamiento de manejo con distintas contribuciones relativas de cada comunidad. Por lo tanto, el valor de ambas variables estaba constituido por la suma del valor individual obtenido en las tres comunidades, FA, R-S y AA, en función de su porcentaje de ocupación simulado. Entonces, a escala del lote, la PF se simuló combinando cuatro opciones de manejo (manejo sitio-específico, manejo de bajos insumos y control en las tres comunidades y manejo sitio-específico eficiente, aplicando en cada comunidad el tratamiento que resultó más eficiente en relación al uso de insumos) con dieciocho proporciones de cada comunidad.

## Resultados

En la comunidad de festuca, la PF total y la contribución del componente gramínea fue superior en el tratamiento de bajos insumos con respecto al control, no diferenciándose del sitio-específico. Los tratamientos no produjeron cambios significativos en los componentes material muerto y malezas. En la comunidad de raigrás-sporobolus no hubo diferencias entre los tratamientos en ninguno de los componentes ni en la PF total. En la comunidad de agropiro, la PF total y la contribución del componente gramínea resultó superior bajo el tratamiento sitio-específico con respecto al de bajos insumos, no diferenciándose estos del tratamiento control. En todas las comunidades aparece una contribución escasa de las leguminosas en el tratamiento sitio-específico como resultado de su incorporación, las que no estuvieron presentes en los otros dos tratamientos (Tabla 1). En términos de contribución porcentual, el componente mayoritario de las tres comunidades del pastizal y de los tres tratamientos fue la gramínea. Durante el período del experimento, las gramíneas aportaron entre un 90 y 100 % del total del forraje presente, las leguminosas entre un 0 y 6 %, las malezas entre un 0 y 5 % y el material muerto entre un 0 y 2 %.

En los suelos con hidromorfismo y/o halomorfismo, es difícil lograr una adecuada implantación (Martín et al. 2012) y posterior supervivencia de las leguminosas. Sin embargo, las leguminosas en el tratamiento sitio-específico se lograron implantar, pero se perdieron en el transcurso del experimento, probablemente debido a la competencia que le ejercieron las gramíneas que presentaban una elevada cobertura del suelo al momento de la interseembra al voleo. La emergencia de las leguminosas intersembradas alcanzó valores de 429, 562, 438 plántulas.m<sup>-2</sup> de trébol blanco, lotus tenuis y trébol de olor, respectivamente, en el primer recuento (Fig. 1 a, b, c). A partir de los 30 días desde la siembra, la mortandad de plántulas de trébol blanco en la comunidad de festuca alta y de lotus tenuis en la comunidad de raigrás-sporobolus fue significativa (Fig. 1 a y b), mientras que en la comunidad de agropiro, la mortandad de melilotus comenzó a ser significativa a partir de los 60 días desde la interseembra (Fig. 1 c). Al año de la interseembra, en base a la cantidad de plántulas emergidas a los 30 días, se perdieron el 99 % de plántulas de trébol blanco y de melilotus (Fig. 1 a y c) y el 94 % de las de lotus tenuis (Fig. 1 b). La competencia de la vegetación presente puede ser acelerada por condiciones de temperatura y humedad favorables para el crecimiento de las gramíneas (Sbarra et al. 1995). El manejo de las leguminosas debe estar orientado a que se asegure un elevado número de plantas, a través de mejorar las condiciones de siembra, y luego se tiene que favorecer el restablecimiento natural, a través de aumentar la cantidad de semillas de la especie deseada en el suelo (Scheneiter y Bertín 2011).

Tabla 1: Producción de forraje y contribución de cada componente de cada comunidad bajo los tres tratamientos de manejo.

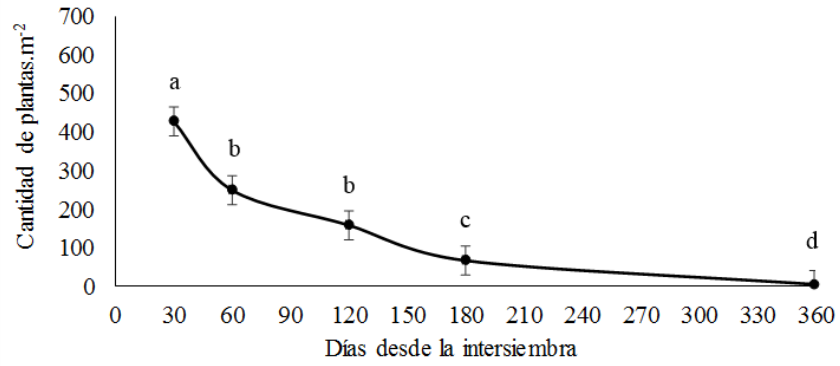
Comunidad	Tratamientos	PF (kg MS.ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup> )				
		Total	Gramíneas	Leguminosas	Malezas	Material muerto
Festuca	Sitio-específico	4.274 (±310) ab	4.100 (±335) ab	64 (±34)	40 (±11)	71 (±10)
	Bajos insumos	4.712 (±305) a	4.590 (±319) a	5 (±2)	58 (±31)	60 (±12)
	Control	3.627 (±240) b	3.495 (±236) b	0	59 (±18)	73 (±12)
Raigrás-Sporobolus	Sitio-específico	2.656 (±316)	2.437 (±314)	57 (±18)	131 (±29)	31 (±12)
	Bajos insumos	2.572 (±281)	2.458 (±280)	0	113 (±23)	0
	Control	2.804 (±487)	2.722 (±478)	0	82 (±22)	0
Agropiro	Sitio-específico	2.787 (±170) a	2.633 (±171) a	154 (±77)	0,3 (±0,3)	0
	Bajos insumos	2.058 (±200) b	2.049 (±197) b	0	9 (±5)	0
	Control	2.392 (±190) ab	2.384 (±188) ab	0	8 (±6)	0

Medias con letras distintas en las columnas de cada comunidad indican diferencias significativas entre tratamientos (p 0,05). Entre paréntesis se encuentra el error estándar. El componente leguminoso por estar ausente en muchas parcelas, correspondientes a los tratamientos manejo de bajos insumos y control, se excluyó de los contrastes estadísticos

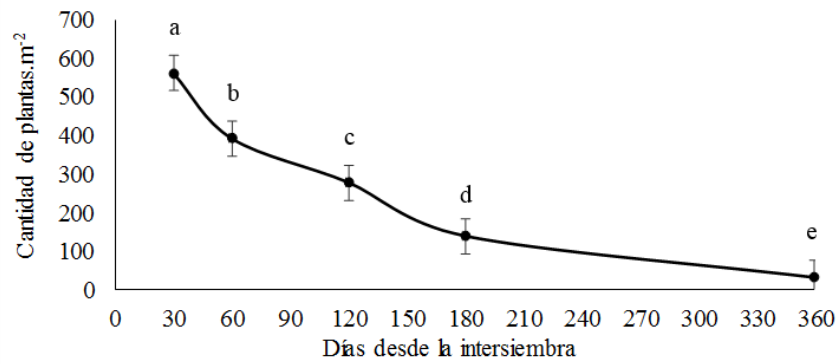
Con la intersembrado de agropiro, en el primer recuento en los marcos de muestreo, se lograron 395 plántulas.m<sup>2</sup> y al segundo recuento las plántulas se incrementaron en un 20 % debido a que es una especie de germinación lenta, comparada con otras gramíneas forrajeras (Agnusdei et al. 2011). A partir de los 60 dds, comenzó la mortandad y a los 120 dds se registró una pérdida del 82 % con respecto al segundo recuento, siendo esta diferencia significativa. Entre los 120 dds y los 180 dds la cantidad de plantas permaneció constante. Al cumplirse un año de la intersembrado se perdieron un 81% de plantas con respecto a las logradas a los 60 dds (Fig. 2). En el primer período, la mortandad puede explicarse por la competencia intraespecífica, ya que en pasturas de agropiro con densidades mayores a 300 plántulas.m<sup>2</sup>, la supervivencia se ve afectada y la densidad se estabiliza en dicho valor (Agnusdei et al. 2011). En el segundo período, comprendido entre principios de noviembre y mediados de abril, la mortandad pudo deberse a la competencia interespecífica producida por gramón y pelo de chancho, especies muy invasivas y muy competitivas en cuanto al uso del agua (Agnusdei et al. 2011).



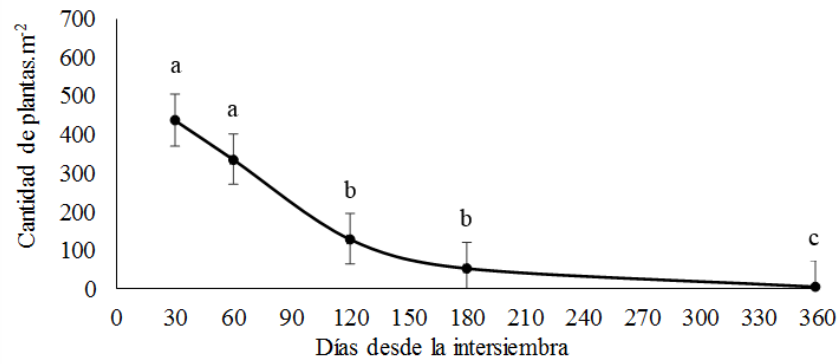
a. Comunidad de festuca

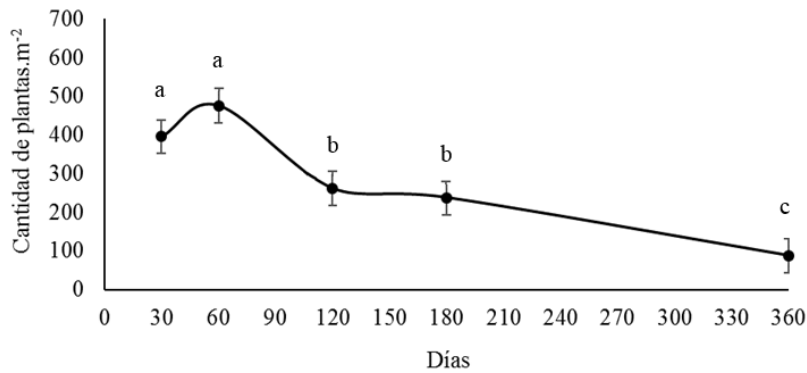


b. Comunidad de raigrás-sporobolus



c. Comunidad de agropiro





Al finalizar el experimento, Las comunidades presentaron diferencias entre ellas, ( $p < 0,05$ ) a nivel edáfico en las variables de pH y en el contenido de sales evaluadas a través de la conductividad eléctrica (CE). El suelo de la comunidad FA, presentó un pH de 7,1 y una conductividad eléctrica de 0,2 dS.m<sup>-1</sup>. La comunidad R-S un pH de 8 y una CE de 0,4 dS.m<sup>-1</sup>. Mientras que, el suelo más alcalino (pH 9,8) correspondió a la comunidad de AA con un mayor contenido de iones en la solución del suelo (1,1 dS.m<sup>-1</sup>). Dichos datos fueron similares a los obtenidos en la calicata realizada al inicio del experimento para describir los suelos. La fertilización fosforada aplicada al tratamiento sitio-específico, que consistió en elevar el P a 10 ppm, sólo incrementó estadísticamente el contenido de P del suelo en las comunidades de festuca y agropiro en un 27 y 30 % respectivamente, en relación con el tratamiento control. En cambio, el tratamiento de bajos insumos, que consistió elevar el P a 5 ppm, no incrementó significativamente el contenido de P en relación al tratamiento control en ninguna de las comunidades.

La aplicación de yeso agrícola, al finalizar el experimento, en el tratamiento manejo sitio-específico de la comunidad de agropiro no resultó efectiva para disminuir el pH, el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y el contenido de Na<sup>+</sup> respecto al tratamiento control. En promedio, el pH fue de 9,8; el PSI de 81,5 % y el Na<sup>+</sup> de 18,3 cmol.kg<sup>-1</sup>. Resultados similares fueron obtenidos por Martín et al. (2012) utilizando la misma dosis, mientras que usando dosis más altas (7.500 kg de yeso.ha<sup>-1</sup>) logró disminuir el pH de 9,6 a 7,7 en una magnitud similar a la alcanzada por Wong et al. (2009). Costa y Godz (1999) utilizando dosis de 15.000, 35.000 y 60.000 kg de yeso.ha<sup>-1</sup> lograron reducir los valores de sodio y pH, cuyo efecto duró por alrededor de 10 años. La eficiencia de la corrección por el uso del yeso es baja, del orden de 20 al 30 % lo cual incrementa los costos (Taboada y Lavado 2009). Al ajustar la dosis utilizada en este trabajo por un valor de eficiencia del 20 %, resulta ser extremadamente baja, y conforme a la bibliografía, dicha dosis no tiene la capacidad de corregir el pH ni el PSI acorde a los resultados obtenidos. Por lo tanto, la dosis utilizada no fue efectiva y por consiguiente la inversión no se recuperó con mayor

producción de forraje. Analizando los resultados obtenidos y al contrastarlos con la bibliografía, es aconsejable utilizar dosis más elevadas a la usada.

Cuando se realizó la simulación a escala de lote, se encontraron diferencias significativas en la PF ( $p < 0,0001$ ) entre los tratamientos de manejo cuando la contribución relativa de cada comunidad representaba a la del lote en donde se realizó el experimento (40 % de festuca, 20 % de raigrás-sporobolus y 40 % de agropiro). Los resultados obtenidos de las prácticas de manejo aplicadas a cada comunidad permitieron elaborar un nuevo criterio para manejar el pastizal, al seleccionar el tratamiento que permitió incrementar su PF con mínimo uso de insumos, que se denominó manejo sitio-específico eficiente. Aplicando este criterio, en la comunidad de festuca alta se seleccionó el manejo de bajos insumos, que incorporó fósforo para elevar el contenido edáfico a 5 ppm, y en las comunidades de raigrás-sporobolus y agropiro se seleccionó el tratamiento control, que no incorporó ningún insumo y aplicó una frecuencia de defoliación cada  $550 \pm 50$  C-días, coincidente con la utilizada en la comunidad de festuca, lo que facilitaría el manejo del pastoreo. Al estimar la PF del lote con la contribución relativa de las comunidades presentes en el pastizal en donde se realizó el experimento, con este manejo se obtuvo un valor similar al alcanzado bajo el tratamiento sitio-específico y de bajos insumos y superior al tratamiento control (Tabla 2). Sin embargo, para obtener la misma PF, este manejo sitio-específico eficiente requiere elevar el contenido de P edáfico a 5 ppm sólo en la comunidad de festuca, mientras que el manejo de bajos insumos requiere elevar el contenido de P edáfico a 5 ppm en las otras dos comunidades y el manejo sitio-específico requiere el doble de P en las tres comunidades además de la intersembrado de leguminosas y la aplicación de yeso agrícola en la comunidad de agropiro. Por lo tanto, este manejo sitio-específico eficiente sería más económico y más eficiente en relación a los insumos aplicados.

Estimando la eficiencia en el uso del fósforo, el manejo sitio-específico eficiente produce 78 kg MS.kg P-1 mientras que los manejos sitio-específico y de bajos insumos, 18 y 34 kg MS.kg P-1, respectivamente.

Tabla 2: Producción de forraje del pastizal compuesto por 40, 20 y 40 % de festuca, raigrás-sporobolus y agropiro, respectivamente.

Tratamientos	PF (kg MS.ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup> )
Sitio-específico eficiente	3.403 ( $\pm 189$ ) a
Sitio-específico	3.355 ( $\pm 138$ ) a
Bajos insumos	3.223 ( $\pm 132$ ) ab
Control	2.968 ( $\pm 71$ ) b

Medias con letras distintas, en cada columnas, indican diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ). Entre paréntesis se encuentra el error estándar.

La PF total a escala del lote bajo cada tratamiento (sitio-específico, bajos insumos, control y sitio-específico eficiente) con distintas contribuciones relativas de cada comunidad (0; 20; 40; 60 y 80 %) mostró un efecto significativo del factor principal "tratamiento" (PF:  $F= 8,55$ ;  $gl= 3$ ;  $p<0,0001$ ) y del factor secundario "contribuciones relativa de cada comunidad" (PF:  $F= 16,96$ ;  $gl= 17$ ;  $p<0,0001$  -datos sin mostrar-), mientras que la interacción entre ellos no fue significativa (PF:  $F= 0,57$ ;  $gl= 51$ ;  $p=0,990$ ), respectivamente. En el promedio de las 18 situaciones, la PF obtenida bajo el manejo sitio-específico eficiente no se diferenció del manejo sitio-específico y resultó superior en un 6 % al manejo de bajos insumos y en un 12 % al tratamiento control, mientras que el tratamiento sitio-específico no se diferenció del manejo de bajos insumos y fue un 10 % superior al tratamiento control, que fue el menos productivo (Fig. 3).

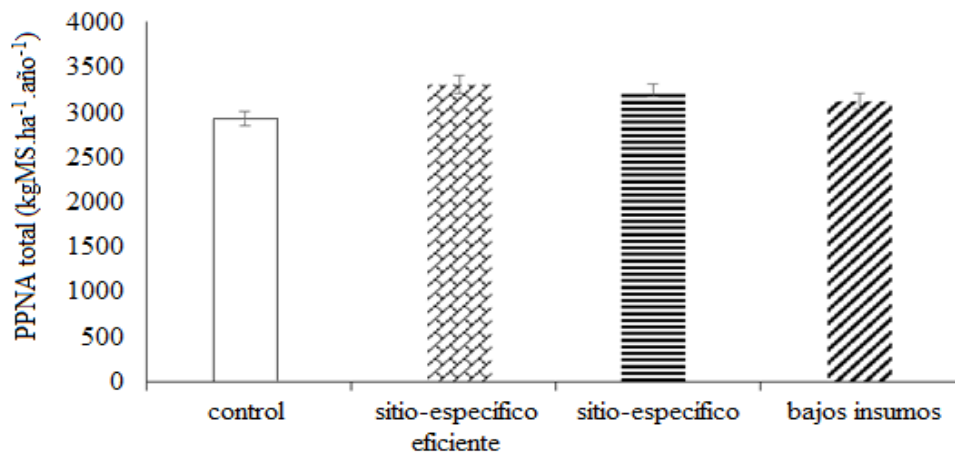


Figura 3: Simulación de la producción primaria neta aérea total (PPNA o PF), promedio de las dieciocho simulaciones, bajo los distintos tratamientos. Medias con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ).

Los resultados hallados, bajo las condiciones experimentales, no demuestran un incremento significativo de la PF del pastizal natural con el manejo sitio-específico en relación al manejo de bajos insumos. Sin embargo, con el manejo sitio-específico eficiente la PF se incrementó con respecto a los manejos bajos insumos y control sin ser estadísticamente superior al manejo sitio-específico. El manejo sitio-específico eficiente permitió manejar el pastizal natural con la aplicación de un único insumo y con el uso de una misma frecuencia de la defoliación. Lo anterior, sumado a que es una tecnología de bajo costo haría viable su adopción. Bajo la situación actual, en donde la agricultura desplazó a la ganadería a ambientes menos aptos, con heterogeneidad edáfica y problemas de hidromorfismo y/o halomorfismo, resulta importante realizar un uso eficiente de los recursos.

## Bibliografía

- Agnusdei, M. G. 1999. Analyse de la dynamique de la morphogenèse foliaire et de la défoliation de plusieurs espèces de graminées soumises à un pâturage continu dans une communauté végétale de la Pampa humide (Argentine). Thèse de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, France. 108 pp.
- Agnusdei, M. G.; Castaño, J. y Marino, A. 2011. Recuperando a un viejo aliado. *Visión rural* 86:18-24.
- Batista, W. B y León, R.J.C. 1992. Asociación entre comunidades vegetales y algunas propiedades del suelo en el centro de la depresión del salado. *Ecología Austral* 2:47-55.
- Batista, W. B.; Taboada M. A.; Lavado, R. S.; Perelman, S. B. y León, R. J. C. 2005. Asociación entre comunidades vegetales y suelos en un pastizal de la Pampa Deprimida. En: Oesterheld, M.; Aguilar, M. R.; Ghersa, C. M. y Paruelo, J. M. La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Editorial Facultad de Agronomía. pp 113-129.
- Cauhépé, M. A.; León, R. J. C.; Sala, O. y Soriano, A. 1982. Pastizales naturales y pasturas cultivadas, dos sistemas complementarios y no opuestos. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 3 (1): 1-11.
- Colabelli, M, Agnusdei, M., Mazzanti, A. y Labreveux, M. 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. *Boletín Técnico N° 148*. INTA, CERBAS, Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. 17 p.
- Corwin, D. y Lesch, S. 2005. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture* 46:11-43.
- Costa, J. L. y Godz, P. 1999. Aplicación de yeso a un Natracuol del sudeste de la Pampa Deprimida. *Ciencia del suelo* 17(2):21-27.
- Gambaudo, S.; Fontanetto, H.; Sosa, N.; Forni, M. y Boschetto, H. 2012. Diagnóstico por ambientes en sistemas ganaderos, En: 11º congreso de agricultura de precisión- INTA EEA Manfredi. [en línea] <[http://www.rafaela.inta.gov.ar/masinfo/INTA\\_Gestion\\_Residuos\\_Pecuarios\\_2013/Tambo/Balance%20de%20nutrientes/Diagn%C3%B3stico%20por%20ambientes%20en%20sistemas%20ganaderos.pdf](http://www.rafaela.inta.gov.ar/masinfo/INTA_Gestion_Residuos_Pecuarios_2013/Tambo/Balance%20de%20nutrientes/Diagn%C3%B3stico%20por%20ambientes%20en%20sistemas%20ganaderos.pdf)> [último acceso: 2-11-2015].
- González, M del C. y Román, M. 2009. Expansión agrícola en áreas extra pampeanas de la Argentina. Una mirada desde los actores sociales En: *Cuadernos Des. Rural*, Bogotá (Colombia), 6(62):99-120.

- Horney, R.; Taylor, B.; Munk, D.; Roberts, B.; Lesch, S. y Plant, R. 2005. Development of practical site-specific management methods for reclaiming salt-affected soil. *Computers and Electronics in Agriculture* 46:379-397.
- Martín, B.; Sosa, O.; Magra, G.; Zerpa, G. y Besson, P. 2012. Emergencia de forrajeras en un suelo salino-alcalino tratado con yeso. *Revista Argentina de Producción Animal*. 32(2):157-164.
- Martín, B.; Sosa, O., Montico, S. y Zerpa, G. 2007. Relación entre las unidades de vegetación y la microtopografía en un pastizal ubicado en un sector mal drenado de Argentina. *Ciencia e Investigación Agraria*. 34(2):103-113.
- Plant, R. 2001. Site-specific management: the application of information technology to crop production. *Computers and Electronics in Agriculture* 30:9-29.
- Rearte, D. 2010. Situación actual y prospectiva de la producción de carne vacuna. [En línea] [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmpsituacionactual\\_prospectiva\\_produccion\\_carnevacuna.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmpsituacionactual_prospectiva_produccion_carnevacuna.pdf) [Último acceso 20-03-2017].
- Rodríguez, A. M. y Jacobo, E. J. 2012. Manejo de pastizales naturales para una ganadería sustentable en la Pampa Deprimida: buenas prácticas para una ganadería sustentable de pastizal: kit de extensión para las Pampas y campos. Coordinado por Fernando O. Miñarro y Pablo Preliasco. - 1a ed. - Buenos Aires: Fundación. Vida Silvestre Argentina; Aves Argentinas. pp 1-97.
- Rodríguez, A. M. y Jacobo, E. J. 2010. Glyphosate effects on floristic composition and species diversity in the Flooding Pampa grassland (Argentina) *Agriculture, Ecosystems and Environment* 138:222-231.
- Satorre, E.H. 2005. Cambios tecnológicos en la agricultura argentina actual. *Ciencia hoy* 15(87):24-31.
- Sbarra, G.; Garcia Espil, A.; Saucedo, M. C. 1995. Intersiembra de *Lotus tenuis* Waldst. En un pastizal de la depresión del salado. Evolución de la implantación. *Revista de la Facultad de Agronomía* 15(1):43-49.
- Scheneiter, O. y Bertín, O. 2011. Alternativas forrajeras para ambientes restrictivos de clima templado húmedo. En informe de actualización técnica n 22. Producción de forraje en ambientes no agrícolas. Ediciones INTA 1:72.
- Stafford, V. 2000. Implementing precision agriculture in the 21st century. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 76:267-275.
- Taboada, M. A. y Lavado, R. S. 2009. Alteraciones de la Fertilidad de los Suelos. El halomorfismo, la acidez, el hidromorfismo y las inundaciones. Taboada, M.A. y Lavado, R. S. Eds. Editorial: Facultad Agronomía, Universidad de Buenos Aires. 160 p.

Van Uffelen, C.; Verhagen, J. y Bouma, J. 1997. Comparison of simulated crop yield patterns for site-specific management. *Agricultural Systems* 54(2):207-222.

Wong, V. N. L.; Dalal, R. C.; Greene, R. S. B. 2009. Carbon dynamics of sodic and saline soils following gypsum and organic material additions: a laboratory incubation. *Applied Soil Ecology* 41:29-40.

Zhang, N.; Wang, M. y Wang, N. 2002. Precision agriculture. A worldwide overview. *Computers and Electronics in Agriculture* 36:113-132.