

Cómo mejorar la producción forrajera en suelos afectados por sales

Resúmenes Expandidos

- **Facultad de Agronomía – FAUBA**
- **Instituto de Investigaciones en
Biociencias Agrícolas y
Ambientales - INBA (CONICET/FAUBA)**
- **Red Argentina de Salinidad - RAS**

Buenos Aires, Diciembre 2016

Cómo mejorar la producción forrajera en suelos afectados por sales

Indice

Páginas 03-08

Raúl S. Lavado (FAUBA/CONICET). **Características de los suelos salinos y sódicos y su relación con los cultivos.**

Páginas 0-19

Juan Marcelo Zabala (FAVE Esperanza, UNL) **Recursos fitogenéticos forrajeros nativos y naturalizados para los Bajos Submeridionales.**

Páginas 21 -28

Mariela L. Acuña y col. (INTA/UNNOBA). **Mejoramiento genético de agropiro alargado, festuca alta, *Lotus tenuis* y *Melilotus albus*.**

Páginas 29-36

Gustavo Schrauf y col. (FAUBA). **Herramientas Moleculares Aplicadas al Mejoramiento de la Tolerancia a la Salinidad en Forrajeras.**

Páginas 37-41

Rodolfo Mendoza e Ileana García (CONICET). **Producción de forraje, fertilidad y microorganismos en suelos afectados por sales y sodio en la Cuenca del Salado.**

Páginas 43-45

Rosalba Peman (Oscar Peman y Asoc SA, Semillas). **Estrategias para la implantación de forrajeras megatérmicas en el NOA y NEA.**

Páginas 47-54

José Otondo (EEA INTA Chascomús). **Experiencias con especies megatérmicas en bajos alcalinos de la Cuenca del Salado.**

Páginas 55-60

María Alejandra Marino y Mónica G. Agnusdei (Unidad Integrada INTA Balcarce/FCA-UNMdP). **Productividad y sustentabilidad con pasturas perennes en suelos bajos: Mas de 500 kg de carne/ha de pastura/año.**

Cómo mejorar la producción forrajera en suelos afectados por sales :
resúmenes expandidos / Mariela L. Acuña ... [et al.] ; compilado por Raúl
S. Lavado ; dirigido por Raúl S. Lavado. - 1a ed ampliada. - Ciudad
Autónoma de Buenos Aires: Instituto de Investigaciones en Biociencias
Agrícolas y Ambientales, 2016.
30 p. ; 25 x 18 cm.

ISBN 978-987-46433-0-8

1. Actividad Productiva. 2. Plantas Forrajeras. I. Acuña, Mariela L. II.
Lavado, Raúl S., comp. III. Lavado, Raúl S., dir.
CDD 633.2

Compilador
Ing. Agr. Raúl S. Lavado



Características de los suelos salinos y sódicos y su relación con los cultivos

Raúl S. Lavado

Instituto de Investigaciones en Biociencias Agrícolas y Ambientales (INBA) y Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Avda. San Martín 4453, C1417DSE Buenos Aires, Argentina.

Introducción

El suelo se define como un cuerpo natural con propiedades distintivas, repetitivas y previsibles, que se encuentra en la superficie terrestre. Los suelos provienen de distintos procesos físicos, químicos y biológicos, que tienen lugar sobre el material original (rocas), bajo la influencia del clima y la vegetación a lo largo del tiempo cronológico. Un quinto factor, que modifica la acción de los anteriores, es el relieve. Este conjunto de factores le imprimen al suelo rasgos característicos, entre los cuales se encuentra la de ser capaz de soportar vida vegetal y animal. El suelo es el asiento de la producción de alimentos y, por lo tanto, se encuentra en estrecho contacto con el hombre, que modifica permanentemente sus propiedades.

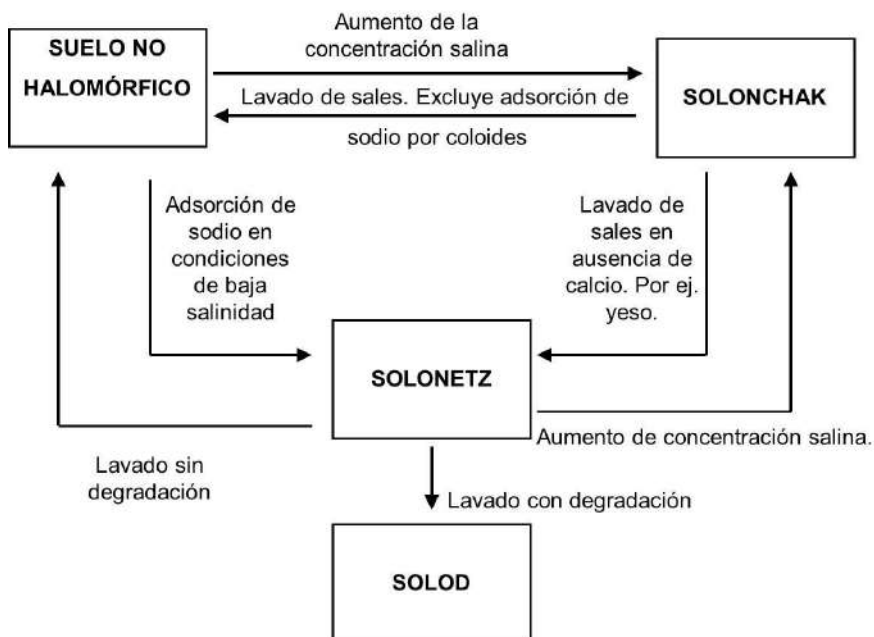
Los suelos halomórficos constituyen un grupo integrado por suelos de diversas propiedades y cuyo rasgo en común es que fueron, son actualmente afectados por sales o presentan potencial de ser afectados en el futuro. Otro rasgo en común es que presentan diversos grados de limitaciones para que se desarrolle agricultura sobre ellos. Se han encontrado en Marte y sus características y efectos sobre los cultivos se conoce desde la época de los sumerios. Constituyen un problema de importancia creciente en el mundo. Por eso, la definición de los suelos halomórficos, también conocidos como suelos afectados por sales, es compleja. Incluye principalmente, pero no únicamente, a los suelos salinos y los alcalinos.

Génesis de los suelos halomórficos

La génesis de estos suelos afectados por sales, sus propiedades y sus efectos sobre ecosistemas y cultivos, así como el manejo agrícola, han sido estudiados desde fines del siglo IXX en países como Rusia, EE.UU.,

Hungría y otros. Sobre esa base, hoy se tiene una cuantiosa plataforma de conocimientos, incluyendo su génesis (Fig. 1). Esta plataforma de conocimientos se profundiza a nivel detallado en áreas geográficas específicas o algunas disciplinas, o se reduce a generalidades en otras áreas o disciplinas.

Figura 1.- La génesis de los suelos halomórficos, según un esquema evolutivo.*



* En términos de la Soil Taxonomy, Solonchak, equivale aproximadamente a Salortid, Solonetz equivale (según su estado evolutivo) a Natracuolf, Natrudol ó Natracuol y Solod equivale a Natralbol.

Los suelos salinos suelen ser pobres en M.O y en nutrientes, pero están floculados y presentan una buena permeabilidad. Se encuentran especialmente en zonas áridas o semiáridas y poseen por lo menos un horizonte o capa salinizada dentro del perfil.

Los suelos alcalinos presentan un horizonte superficial de estructura masiva, compacto y con baja permeabilidad. Estos suelos son muy variables y se subdividen por la presencia de un horizonte B nátrico. Los suelos con horizonte B nátrico se encuentran en regiones húmedas. Los suelos sin horizonte B nátrico predominan en zonas áridas o semiáridas. La mayor parte de estos suelos se asemejan a los salinos y en muchos casos, su nivel salino suele ser alto. Estos suelos son denominados salino-alcalinos.

Todos los suelos contienen una cierta concentración de sales solubles. En algunos, las altas concentraciones perturban sus características y afectan a las plantas. Por ello, la salinidad se define como la presencia de un exceso de sales solubles en los suelos. Exceso en relación con la tolerancia normal de los cultivos extensivos medios.

Las sales solubles están integradas por:

- Cationes: sodio, magnesio, potasio y calcio
- Aniones: cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos

En casos particulares se registran distintos iones, nitratos, boratos, y otros.

El catión predominante es el sodio y entre los aniones, ocurren 2 situaciones básicas:

- Cuando predominan cloruros y sulfatos: **SUELOS SALINOS**
- Cuando predominan carbonatos y bicarbonatos: **SUELOS ALCALINOS**

Sin embargo, los suelos alcalinos se cuantifican por la proporción de sodio intercambiable. Por eso, también se denominan **SUELOS SÓDICOS**. El factor determinante de la alcalinidad, desde el punto de vista del diagnóstico, es un elevado porcentaje de sodio intercambiable o, lo que es equivalente, alto valor de la Relación de Adsorción de Sodio de su solución.

$$RAS = Na / ((Ca + Mg) / 2)^{1/2}$$

La RAS tiene en cuenta la interacción entre los constituyentes sólidos del suelo y los cationes de la solución del suelo.

En realidad, cuando se habla de la salinidad y los cultivos, la referencia son regiones como Mendoza, California o Israel, zonas áridas donde se practica riego completo. En esas condiciones la salinidad predomina como factor limitante, inclusive por encima de estrés hídrico. Pero, en condiciones de secano, la salinidad es a veces un problema menor, comparado con el defecto o exceso de agua, la alcalinidad, presencia de horizontes de suelos impermeables, limitaciones nutritivas, etc. Por eso, la definición de “suelos salinos” se extiende a “suelos afectados por sales” y esto incluye la alcalinidad y problemas derivados.

Distribución de los suelos halomórficos

Se distinguen dos tipos de halomorfismo. La salinización primaria ocurre por causas naturales. Ej. zonas áridas, donde las sales solubles están presentes en el suelo simplemente por falta de suficientes lluvias. La salinización secundaria es causada por irrigación, agricultura, forestación y deforestación, producción ganadera, etc. Las causas de ambas son las mismas. Generalmente, la salinización secundaria es provocada por la rotura del equilibrio hídrico, lo que causa la removilización de las sales desde fuentes cercanas (subsuelos salinos, aguas subterráneas, etc.). En Argentina ambas son muy importantes

Como se analizó, los suelos salinos y los suelos alcalinos se pueden encontrar asociados y pasando de uno a otro, aunque en muchos casos uno de ellos tiende a dominar en diferentes regiones. En los suelos salinos la concentración de sales de la solución limita la entrada de agua a las raíces. En los suelos alcalinos el deterioro físico del suelo, limita el acceso de agua a las raíces. La salinidad afecta poco la disponibilidad de los nutrientes, excepto la del nitrógeno. Esto se debe a su vinculación con microorganismos del suelo. La alcalinidad afecta profundamente la disponibilidad de casi todos los nutrientes.

En la Argentina los problemas de la salinidad del suelo se encuentran en todo el territorio nacional. El área de mayor superficie de suelos salinos y alcalinos no irrigados se ubica desde la Pampa Deprimida de la Pcia. de Buenos Aires al sur, pasando por las provincias centrales (Bajos Submeridionales, etc), hasta el norte del país.

Existe un continuo incremento de la salinidad en el sentido Sur-Norte y Este – Oeste y la magnitud de los problemas y sus riesgos, es creciente en ese sentido.

Efecto sobre agro y ecosistemas

El crecimiento de las plantas en medios salinos y alcalinos está afectado por factores físicos, químicos y biológicos, multifacéticos e interconectados. Está determinado por estrés osmótico, toxicidades específicas, efectos nutritivos y cambios en la física del suelo que dan lugar a limitaciones en la disponibilidad del agua. Estos factores causan normalmente una disminución de la producción de biomasa y, agronómicamente, de los rendimientos. En base a muchos experimentos se han desarrollado ecuaciones que evalúan la pérdida de producción de biomasa frente a la salinidad, resultando una relación lineal entre la salinidad del suelo y la pérdida de producción de los cultivos.

La salinidad del suelo causa estrés oxidativo celular en las plantas y por esa razón afecta negativamente el crecimiento y desarrollo de los

cultivos. Debido a esta razón, los principales avances para lograr mejores cultivos en estos suelos tienen lugar a nivel molecular. De esta manera, se está trabajando en múltiples alternativas de investigación científica o tecnológica para reducir el impacto del estrés oxidativo sobre los cultivos, manteniendo el balance entre la producción de ROS (sustancias reactivas de oxígeno) y de AOX (sustancias antioxidantes). Generalmente se busca aumentar la producción de AOX. Esos avances se hacen mediante la biotecnología. Sin embargo existen dificultades dado que la respuesta a un estrés como el salino, está regulada por diversos genes y ha sido observada variación genética para tolerancia a estrés en muchos cultivos. El carácter multigénico de esta respuesta es una de las principales limitaciones en la mejora de las especies, tanto por métodos clásicos como por los métodos actuales de transformación genética. Otro problema es el efecto simultáneo de otros estreses (térmico, hídrico, etc.).

Ejemplos de tolerancia a las sales de distintas forrajeras se presentan en Tabla1.

Comentario final

Para la adaptación de avances científicos y tecnológicos en el tratamiento de los suelos afectados por sales y/o los procesos para evitar su generación, los aspectos económicos y socio-culturales, son los factores críticos y determinantes. Sin embargo, en los últimos años se sumó un nuevo término en la ecuación: el cuidado del medio ambiente. Esto último limita muchas alternativas que se plantearon en el pasado para tratar suelos halomórficos, dado que sus efectos ambientales están en discusión.

Bibliografía

Imbellone, P.A., J.E. Giménez y J.L. Panigatti. 2010. Procesos de sodificación y salinización. En Suelos de la región pampeana. Procesos de Formación. INTA, Buenos Aires, Pag.261-288.

Lavado, Raúl S. 2007. Visión sintética de la distribución y magnitud de los suelos afectados por salinidad en la Argentina. En: La Salinización de suelos en la Argentina: (Ed) Taleisnik, E., Grunberg, K., Guillermo S.M. Editorial EDUCC. Córdoba. Pag 11-15.

Lavado, R.S. y M.A. Taboada. 2009. Alteraciones de la fertilidad del suelo causadas por halomorfismo. En: Taboada y Lavado (Ed.). Alteraciones de la fertilidad de los suelos: el halomorfismo, la acidez, el hidromorfismo y las inundaciones. EFA, Buenos Aires. pag. 1-43.

Tabla 1.- Ejemplo de tolerancia* a las sales de distintas forrajeras

Especie	Reducción esperada en la producción de forraje		Tolerancia / Umbral máximo
	Hasta 10%	Hasta 25%	
Leguminosas			
Trébol blanco	1.5	3.5	Sensible 4.0
Trébol rojo	1.5	4.0	Sensible 4.5
<i>Lotus corniculatus</i>	3.0	6.0	Mod. tolerante 7.0
<i>Lotus tenuis</i>	3.5	7.0	Tolerante 9.5
Alfalfa	2.0	5.0	Tolerante 8.0
Trébol persa	3.0	5.0	Tolerante 8.0
Trébol alejandrino	6.0	10	Muy tolerante 12.0
Trébol frutilla	2.5	4.5	Muy tolerante 10.0
Trébol balanza	3.0	7.0	Muy tolerante 11.0
<i>Melilotus</i> spp.	6.0	8.0	Muy tolerante 18.0
Gramíneas			
Raigrás anual	3.5	5.0	Tolerante 7.5
Cebada	7.0	10.0	Muy tolerante 14.0
Avena	5.0	6.0	Muy tolerante 10.0
Cebadilla	1.5	3.0	Sensible 4.0
Raigrás perenne	5.0	7.0	Tolerante 8.0
Festuca alta	3.5	7.5	Tolerante 9.0
Pasto ovillo	1.5	5.0	Mod. tolerante 6.0
Falaris	4.0	7.5	Tolerante 9.0
Agropiro alargado	7.5	12.0	Muy tolerante 20.0

* Expresada en dS/m en la zona de exploración radical.

Recursos fitogenéticos forrajeros nativos y naturalizados para los Bajos Submeridionales

Zabala J.M.

Cátedra de Genética y Mejoramiento Vegetal y Animal. Programa de Documentación, Conservación y Valoración de la Flora Nativa. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral.

Los Bajos Submeridionales constituyen una extensa área del norte de Argentina que abarca cerca de 5 millones de has en las provincias de Santa Fe, Chaco y Santiago del Estero (Giraut et al., 2001). Los suelos son arcillosos, de textura pesada, halo-hidromórficos, siendo Natracuall y Natracuol los tipos dominantes. Estos suelos pueden permanecer inundados desde fines de verano hasta el invierno, seguidos de una sequía invernal (Espino et al., 1983). El clima de la región es del tipo mesotermal subhúmedo húmedo, con una temperatura media anual de 21°C y una precipitación anual entre 900-1000 mm, predominantemente estivo-otoñal, y un marcado déficit durante los meses de verano. La provincia de Santa Fe es la que mayor superficie posee de los Bajos Submeridionales (cerca de 3 millones de ha). Sumando otras áreas con problemas de salinidad (asociadas a cursos de agua como el Río Salado), entre el 30-40% de la superficie provincial (4-5 millones de ha) se encuentra afectada por salinidad y/o sodicidad en diferentes grados (Hein y Panigatti, 1985). La principal actividad productiva de los Bajos Submeridionales, y de los ambientes salinos en general, es la ganadería, la que se realiza en forma extensiva basada en el uso de los pastizales. Las limitantes ambientales que condicionan la producción de forraje son la salinidad de sus suelos y los períodos de inundaciones y sequías.

La vegetación de los Bajos Submeridionales, en la provincia de Santa Fe se caracteriza por la escasez de elementos arbóreos, siendo los pajonales o espartillares de *Spartina spartinae* la comunidad que ocupa más de las tres cuartas partes de su superficie (Lewis et al., 1990). En relación con los pastizales presente en los Bajos, se realizó un primer relevamiento en 1979 (Bissio, 1979), concentrándose luego los estudios en los pajonales de *Spartina spartinae*, analizándose su productividad y calidad forrajera (Bissio y Luisioni, 1989), las modificaciones causadas por el efecto de la retención del agua superficial (Bissio y Batista, 1984; Bissio et al., 1990), además de proponerse distintas técnicas para su manejo (Bissio, 2014). Hubo un trabajo sobre la fenología de algunas de las forrajeras nativas de los bajos submeridionales (Bissio et al., 1994).

Existe la necesidad de preservar los pastizales en los que se sustenta la ganadería y de usar recursos fitogenéticos nativos y naturalizados

(RFNyN) forrajeros para incrementar la productividad y calidad de forraje de los mismos. Existe amplia bibliografía que sustenta las ventajas que ofrece el uso del pastizal como base de la alimentación del ganado en relación a la sustentabilidad del sistema, incremento del período de oferta forrajera, disminución de los costos de alimentación y la posibilidad de brindar condiciones propicias para mantener la biodiversidad de la vida silvestre (Deregibus, 1987; Muir et al., 2011; Carvalho et al., 2011; Squires y Glenn, 2016). Los pastizales manejados correctamente aseguran una importante y continua oferta forrajera que será sustentable si luego del pastoreo reciben un descanso adecuado. Salvo la información generada para los pajonales de *Spartina spartinae*, son escasos o nulos los estudios sobre los otros tipos de pastizales de la región, y se desconoce en general el valor forrajero potencial de muchas de las especies presentes.

Lo dicho sobre la importancia de los pastizales no implica que, en superficies acotadas y factibles de ser correctamente manejadas, puedan ser utilizados otros tipos de recursos forrajeros que requieran el monocultivo o mezclas específicas, en reemplazo total del pastizal. Aunque, en estos casos hay que tener presente que dicho cultivo debería ser un complemento de la oferta forrajera que brinda el pastizal. El reemplazo a gran escala de los pastizales naturales por monocultivos o cultivos mixtos de forrajeras, sean nativas o exóticas, es una práctica que, aparte de no ser sustentable desde el punto de vista productivo, perjudica seriamente la diversidad biológica (Muir et al., 2011).

Es escasa la oferta de especies forrajeras cultivadas adaptadas a las diferentes regiones ganaderas de Argentina (Batello et al., 2008), lo que se acentúa para ambientes con problemas de salinidad. Para los Bajos Submeridionales, en especial en sitios de lomas o medias lomas con menor riesgo de inundaciones, las especies forrajeras cultivadas con mayor frecuencia son “grama Rhodes” (*Chloris gayana*) y “melilotus” (*Melilotus albus*) (Panigatti, 1974; Bruno et al., 1982). Ambas especies son utilizadas principalmente en esquemas de monocultivo, siendo el principal problema de ambas especies su sensibilidad a la inundación.

Para distintos sitios de los Bajos se ha recomendado el cultivo de especies forrajeras subtropicales africanas como “pasto pangola” (*Digitaria eriantha*), “pasto estrella” (*Cynodon nlemfuensis*), “pasto clavel” (*Hemarthria altissima*), “pasto nilo” (*Acroceras macrum*) y “pasto siam” (*Brachiaria mutica*), entre otras (Bissio, 2014). El inconveniente que presentan estas especies es que su implantación se debe realizar a través de rizomas o estolones.

La introducción a cultivo de RFNyN forrajeros en ambientes salinos constituye una forma alternativa de desarrollar cultivares adaptados (Díaz Maynard, 2005; Flowers y Flowers, 2005). Dichas especies podrían

incluirse en programas de mejora genética bajo el nuevo paradigma de compatibilizar la producción rentable con el uso sostenible de los recursos naturales (Brummer et al., 2011; Stuber y Hancock, 2008). Un aspecto a destacar es que este nuevo paradigma promueve la incorporación a los programas de mejoramiento de la visión de los actores del estado, productores y ONGs en la toma de decisiones. En el caso de forrajeras para los Bajos Submeridionales, creemos que este esquema debería incluir, entre otros: a) especies adaptadas a la intersiembra en los pastizales, con las ventajas ya mencionadas; b) sistemas con alta proporción de especies perennes; c) incorporación de leguminosas forrajeras para incrementar la calidad de la dieta animal, y d) evaluación económica que incluya los servicios ecosistémicos de las forrajeras incorporadas.

Existen en Argentina cerca de 732 especies de leguminosas, 156 de las cuales son endémicas (Zuloaga et al., 1994). Varias de estas especies han sido mencionadas como buenas forrajeras y con potencialidad para ser introducidas a cultivo (Burkart, 1954, citado por Covas, 1978). Por otro lado, crecen en Argentina unas 1200 especies de gramíneas, 202 endémicas (Zuloaga et al., 1994). Al menos la mitad de estas especies son consideradas importantes forrajeras. En relación a otras familias, como las Chenopodiaceae, el género *Atriplex* posee 33 especies que crecen en Argentina, 16 de las cuales son endémicas. Lo dicho muestra la potencialidad de la flora nativa de Argentina para ofrecer RFNyN forrajeros, los cuales han sido subexplotados, poco valorados y hasta desconocidos por nuestros técnicos. En los Bajos Submeridionales existe una importante riqueza de especies vegetales presentes en las principales comunidades, lo que ofrece posibilidades de prospeccionar especies con potencial forrajero y que puedan ser introducidas a cultivo.

El desarrollo de un programa de introducción a cultivo de RFNyN forrajeros para una región dada debería respetar, a modo de protocolo, los siguientes aspectos: a) relevamiento de las especies forrajeras nativas y naturalizadas presentes, b) priorización de la/s especie/s con mayor potencialidad, c) colecta y conservación de germoplasma, d) estudios básicos sobre la biología de las especies, e) programas de mejora genética y evaluación agronómica, f) inscripción y difusión de cultivares. Todo este trabajo lleva una o dos décadas como mínimo. Por esto, como se mencionó con anterioridad, desde el inicio del programa es necesaria la articulación con empresas, ONGs, asociaciones de productores, técnicos extensionistas para la toma de decisiones consensuadas que permitan incrementar las chances de lograr cultivares adaptados y el uso efectivo de los mismos.

Luego de la selección de las especies, las colecciones de germoplasma deberían conservar entradas de todo el rango de distribución de las

especies para ser utilizadas como fuente efectiva de variabilidad genética, prerequisite fundamental para encarar con éxito cualquier esfuerzo de domesticación y mejoramiento. Este es un aspecto descuidado en muchos planes de introducción a cultivo (Muir et al., 2014). Son necesarios viajes de colecta a todas las regiones en donde crece la especie. Esto requiere de financiamiento que deberían solventar los estados nacionales y provinciales. En América Latina, y en Argentina en particular, es escaso el financiamiento público para conservación de germoplasma de RFNyN forrajero (Batello et al., 2008; FAO, 2008). El último informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos en Argentina (FAO, 2008) indica: “Se detectan deficiencias en financiamiento, recursos humanos formados y difusión del germoplasma conservado en instituciones públicas. Se recomienda la promoción de acciones para corregir estas deficiencias”. Para que los Bancos de germoplasma no se conviertan en museos, éstos deben responder a un sistema organizado de trabajo que contemple la priorización de las especies a coleccionar y estudiar, y al desarrollo y puesta en valor de las colecciones conservadas. Esto debería formar parte de una estrategia provincial y nacional sobre el uso de nuestros RFNyN. En general, los programas a nivel internacional que han tenido éxito son exclusivamente a largo plazo y donde se combinan esfuerzos públicos y privados (Smith et al., 2010). En Argentina son escasos los ejemplos que aborden con éxito el estudio de los RFNyN forrajeros con las premisas antes mencionadas. La mayoría de los antecedentes surgen de esfuerzos parciales de introducción a cultivo de especies forrajeras nativas por algún grupo de trabajo, la mayoría de los cuales no han avanzado lo suficiente en el tiempo para llegar al desarrollo de cultivares comerciales, o a su difusión. Un trabajo pionero y exitoso fue desarrollado por la Universidad Nacional del Nordeste, al introducir al cultivo especies del género *Paspalum* para ambientes no salinos. A partir de trabajos básicos necesarios para conocer la biología de las especies promisorias desde el punto de vista forrajero (por ejemplo, Quarín et al., 1997; Espinoza et al., 2001; Quarín et al., 2001; Marcon et al., 2015) se han desarrollado cultivares de *Paspalum guenoarum* (Tropical Forage, 2016), *Paspalum atratum* (Tropical Forage, 2016) y *Paspalum notatum* (Ing. Mario Urbani, comunicación personal). En el género *Paspalum* se citan varias especies que poseen un alto valor forrajero y buena tolerancia a la salinidad y anegamiento: *Paspalum acuminatum*, *Paspalum buckleyanum*, *Paspalum denticulatum*, *Paspalum distichum* y *Paspalum vaginatum*. Si algún grupo de trabajo quisiera comenzar un programa de mejora en cualquiera de estas especies, no existen colecciones en Bancos de germoplasma de Argentina. Existen solamente colecciones de trabajo (Ing. Mario Urbani, Universidad Nacional del Nordeste, comunicación personal).

Uno de los únicos ejemplos para destacar de prospección de forrajeras para los Bajos Submeridionales fue realizado por técnicos de INTA (Fossati et al., 1979). Se identificó a una especie nativa, *Macroptilium lathyroides*, como una de las leguminosas promisorias para dichos ambientes. Esta especie anual, solo se evaluó un año, sin datos de producción de semillas o resiembra natural. Se trató de un ejemplo de evaluación preliminar de decenas de cultivares de más de 20 especies de forrajeras que no se pudo seguir en el tiempo para definir aquellas especies promisorias para desarrollar programa de mejoramiento.

Otro trabajo iniciado más recientemente es el realizado en el marco del Programa de Documentación, Conservación y Valoración de la flora nativa (PRODOCOVA), desarrollado en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Litoral. En dicho Programa se iniciaron trabajos de colecta y conservación de especies de interés forrajero. El PRODOCOVA está realizando un trabajo incipiente de colectas de semillas de alguna de estas especies desde el año 2003. Recientemente se han inscripto cultivares de forrajeras nativas, los cuales se encuentran bajo un convenio de vinculación tecnológica con la empresa PEMAN para el incremento de semilla.

Para un mejor aprovechamiento de los RFNyN forrajeros para los Bajos Submeridionales, se debería pensar en especies forrajeras que se adapten a cada uno de los ambientes que se definen en función del gradiente topográfico, salinidad de los suelos y posibilidad de anegamiento. En relación con esto, en los Bajos Submeridionales se reconocen ambientes de loma, media loma y bajos.

Los ambientes de lomas, ubicados en los sectores topográficamente más elevados, poseen suelos no salinos y bien drenados. La vegetación dominante es de sabanas, parques y bosques, y los pastizales asociados presentan una alta diversidad y riqueza específica. Las medias lomas, que ocupan las porciones intermedias del gradiente topográfico, presentan suelos relativamente bien drenados, en general no inundables o inundables por cortos períodos de tiempo y con salinidad variable. El tipo de vegetación dominante está dado, particularmente hacia el oeste de la región, por sabanas en las que ocurren distintos tipos de pastizales, siendo los “aibales” de *Elionurus muticus* las comunidades que presentan la mayor riqueza específica y las que mayor superficie ocupan.

Dada la diversidad y riqueza específica que presentan estos pastizales, su resiliencia y la importancia forrajera de muchas de sus especies, convendría pensar en tecnologías que permitan un incremento de la productividad forrajera de los mismos antes que en su reemplazo. Dicho incremento se podría realizar a través de la intersiembra en el pastizal de especies de leguminosas como *Desmanthus virgatus*, *Macroptilium erythroloma*, *Macroptilium lathyroides* y *Melilotus albus* (Skerman et al.,

1991a; Evans y Kearney, 2003; Zabala et al., 2008; Zabala et al., 2010; Zabala et al., 2011a; Zabala et al., 2012; Gardiner et al., 2013; Zabala et al., 2015) las que han demostrado una buena implantación bajo este esquema en pastizales del noreste de la provincia de Santa Fe. De igual modo, aunque posiblemente con una implantación más lenta, se podría pensar en la incorporación de “agropiro criollo” (*Elymus scabrifolius*) (Zabala et al., 2011b). Un aspecto importante para la incorporación e implantación con éxito de estas especies resultará del manejo adecuado del pastoreo ya que, por ejemplo, durante el primer año luego de la siembra (periodo de implantación) se deberá evitar el ingreso del ganado. Los ambientes ubicados en los sectores más deprimidos del gradiente topográfico, constituyen los bajos propiamente dichos. Aquí la vegetación dominante son los pajonales o “espartillares” de *Spartina spartinae*, los que se ubican sobre suelos salinos, que generalmente permanecen inundados durante el período de lluvias y muy secos en invierno. En los sitios más deprimidos, en los que se acumula el agua por mayor tiempo, ocurren distintas comunidades de hidrófitas entre las cuales los “canutillares” son las que ocupan la mayor superficie y los de mayor aptitud forrajera.

Para estos ambientes, en particular para los sitios con menor riesgo de anegamientos en donde ocurren los pajonales, el reemplazo de éstos por el cultivo de forrajeras es una alternativa que no ha tenido hasta ahora el éxito esperado. Las dificultades que presentan estos ambientes para el cultivo de forrajeras son varias, siendo el anegamiento la más importante. Como se ha dicho, las forrajeras tradicionales como “melilotus” y los cultivares de “grama Rhodes” toleran bastante bien la salinidad que poseen estos suelos, aunque no así el anegamiento y más si este es prolongado. Por lo dicho, para estos ambientes se debería pensar en especies forrajeras que sean capaces de tolerar ambos estreses, salinidad y anegamiento.

Se citan varias especies que poseen un alto valor forrajero y buena tolerancia a la salinidad y anegamiento: *Echinochloa helodes*, *Hemarthria altissima*, *Hymenachne amplexicaulis*, *Leersia hexandra*, *Luziola peruviana*, *Echinochloa helodes*, *Paspalum acuminatum*, *Paspalum buckleyanum*, *Paspalum denticulatum*, *Paspalum distichum*, *Paspalum vaginatum*, *Setaria geminata*, entre otras, aunque las mismas presentan en algunos casos nula o escasa producción de semillas, y en otros, producen una buena cantidad de semillas pero las mismas cuando alcanzan su madurez se desprenden de la inflorescencia impidiendo su cosecha. Estos aspectos negativos en relación con la producción de semillas y su cosecha se podrían atenuar o solucionar, en algunos casos, al estudiar la variabilidad que para dichos caracteres podrían presentar distintas poblaciones de algunas de estas especies.

Entre las especies que se citan para estos ambientes se destacan las del género *Aeschynomene*. Los representantes de este género se encuentran entre las leguminosas que más toleran el anegamiento y distinto grado de salinidad (Skerman et al., 1991b). A pesar de los tallos algo lignificados que presentan algunas de sus especies, en general son muy palatables y buscadas por el ganado. Por otra parte, si bien las poblaciones observadas presentan una floración y madurez despareja, siendo frecuente hallar en la misma planta flores y semillas al mismo tiempo, sus especies presentan una buena producción de semillas y factibles de cosechar. Otra característica importante que presentan las especies de este género es la fijación de nitrógeno, observándose una muy buena nodulación incluso en suelos anegados (Skerman et al., 1991). Éstas características hacen que éstas especies recursos muy valiosos que deberían priorizarse en los planes de domesticación y mejora de forrajeras para estos ambientes.

Otra especie interesante para comenzar a trabajar en su cultivo en los Bajos submeridionales es *Lotus tenuis*. Esta especie de leguminosa perenne es un recurso forrajero para zonas salinas e inundables (Teakle et al., 2007), que se ha naturalizado en los ambientes salinos de la Provincia de Buenos Aires, en particular en la Pampa Deprimida (Vignolo y Fernandez, 2014). A pesar que no hay ensayos publicados, se ha intentado su cultivo en la zona de los Bajos submeridionales, con escaso éxito. Uno de los problemas de esta especie en los ambientes donde hoy se las utiliza, son las fallas en la implantación (Cambareri et al., 2012). Esto es lo que indican todas las consultas realizadas entre los técnicos que han probado su implantación en la zona de los Bajos submeridionales, lo que se agravaría con las altas temperaturas de verano en esa zona. Recientemente hemos detectado poblaciones naturalizadas, por lo que hemos iniciado la colecta de germoplasma y los primeros estudios para determinar los aspectos genéticos y/o de manejo agronómico que han permitido su permanencia con éxito en dicho establecimiento.

Bibliografía

- Batello, C.; Mannelje, L.; Martinez, A. y Suttie, J. 2008. Plant Genetic Resources of Forage Crops, Pasture and Rangelands. Thematic background study. FAO report, 5-7, 63 pp.
- Bissio, J.C. 1979. Clasificación de los Pastizales Naturales de los Bajos Submeridionales Santafesinos (Primera Aproximación). Fundación José María Aragón. Publicación Nº 12.
- Bissio, J.C. y Batista, W.B. 1984. Modificaciones en un Pajonal de los Bajos Submeridionales Causadas por la Retención de Agua de

Escurrecimiento Ocasional por una Ruta. INTA, EEA Reconquista. Publicación Técnica N° 1, 10 p.

Bissio, J.C., y Luisoni, L. 1989. Producción y Calidad de Forraje de un Pajonal de *Spartina argentinensis* (Trin.) Parodi, Luego de la Quema. INTA, EEA Reconquista, Publicación Técnica 3, 20 p.

Bissio, J. C. 2014. Los ambientes de pajonal de norte de Santa Fe; técnicas utilizadas para el manejo. INTA, EEA Reconquista, Voces y Ecos 32: 31-38.

Bissio, J.; L. Luisoni y Batista W. 1990. Relaciones entre el Agua Superficial y los Principales Tipos de Vegetación de los Bajos Submeridionales de Santa Fe. INTA EEA Reconquista, Publicación Técnica N° 5, EEA Reconquista, 24 págs.

Bissio, J. C., Luisoni, L. O., & Batista, W. B. (1994). Fenología de las principales forrajeras nativas de los bajos submeridionales santafesinos. EEA Reconquista (INTA). Publicación Técnica N°8. 23 pp.

Brummer, E.C.; Barber, W. T.; Collier, S.M.; Cox, T.S.; Johnson, R.; Murray, S.C; Olsen R.; Pratt R. y Thro, A.M. 2011. Plant breeding for harmony between agriculture and the environment. *Frontiers in Ecology and the Environment* 9: 561-568.

Bruno O.A.; Fossati, J; Panigatti, J.L.; Gambaudo P. y Quaino O. 1982. Intersiembrado de trébol de olor de flor blanca sobre grama rhodes en los Bajos Submeridionales, Santa Fe. INTA, EEA Rafaela. Informe técnico N° 11. 17 pp.

Cambareri, G.; Castaño, J.; Fernandez, O.; Maceira, N. y Vignolio, O. 2012. *Lotus Tenuis*: un recurso forrajero estratégico para la ganadería de la Pampa Deprimida. Ediciones INTA. 48 pp.

Carvalho, P.C.; Nabinger, C.; Lemaire, G. y Genro, T.C. 2011. Challenges and opportunities for livestock production in natural pastures: the case of Brazilian Pampa Biome. In S. R. Feldman, G. E. Oliva, y M. B. Sacido (Eds.), IX International Rangeland Congress. Rosario, Universidad Nacional de Rosario, p. 9-15.

Covas, G. 1978. Forrajeras indígenas: Especies que requieren un plan de conservación de germoplasma. *Ciencia e Investigación* 34: 209-213.

Deregibus, V.A. 1987. Importancia de los pastizales naturales en la República Argentina: situación presente y futura. En: V Simposio Argentino de Producción Animal. Sección: Producción y Utilización de Pasturas; Paraná. Entre Ríos, AR. 18 al 20 de junio de 1987.

Díaz Maynard, A. 2005. América Latina y su riqueza fitogenética: conservación, domesticación y sistemas productivos: un desafío técnico-político. *Agrociencia* 9: 19-28.

Espino, L.M.; Seveso, M.A. y Sabatier, M.A. 1983. Mapa de suelos de la provincia de Santa Fe. Tomo II. Santa Fe, Argentina. MAG Santa Fe e INTA EERA Rafaela.

Espinoza, F.; Urbani, M.H.; Martínez, E.J. y Quarín, C.L. 2001. The breeding system of three *Paspalum* species with forage potential. *Tropical Grasslands*, 35: 211-217.

Evans P.M. y Kearney G.A. 2003. *Melilotus albus* Medic is productive and regenerates well on saline soils neutral to alkaline reaction in the high

rainfall zone of south-western Victoria. Australian Journal of Experimental Agriculture 43: 349-355.

FAO. 2008. Informe Nacional sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la agricultura y la alimentación. Argentina. <http://www.fao.org/docrep/013/i1500e/Argentina.pdf>. Fecha de visita: 16/09/16

Ferrari, L. y Maddaloni J. 2001. Trebol de olor blanco y Trebol de olor amarillo. En: UNZ (eds). Forrajeras y Pasturas del Ecosistema Templado Húmedo Argentino, Buenos Aires, p 303-315.

Flowers, T.J. y Flowers, S.A. 2005. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? Agricultural Water Management 78: 15-24.

Fossatti, J.; Bruno, O., Panigatti, J. y Gambaudo, S. 1979. Comportamiento de forrajeras estivales en los Bajos Submeridionales. INTA EEA-Rafaela. Informe Tec. N°1. 36 pp.

Gardiner, C.; Kempe, N.; Hannah, I.; y McDonald, J. 2013. PROGARDES TM: a legume for tropical/subtropical semi-arid clay soils. Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales 1: 78-80.

Giraut, M.; Laboranti, E.; Rey, C.; Fioriti, M. y Ludueña, S. 2001. Cuenca Propia de los Bajos Submeridionales. Creación de una unidad hídrica independiente. En Seminario Internacional sobre manejo integral de cuencas hidrográficas. 8 al 12 de octubre de 2001. Rosario. Argentina. http://hidricos.obraspublicas.gov.ar/documentos/publicaciones_sn/bajos_submerid.pdf. Fecha de visita 13/9/16.

Hein, N.E. y Panigatti, J.L. 1985. Aptitud de suelos de la provincia de Santa Fe. INTA, EEA Rafaela. Publicación Miscelánea N° 32, 47 p.

Lewis, J.P.; Pire, E.F.; Prado, D.E.; Stofella, S.L.; Franceschi, E.A. y Carnevale, N.J. 1990. Plant communities and phytogeographical position of a large depression in the Great Chaco, Argentina. Vegetatio 86: 25-38.

Marcón, F.; Urbani M.H.; Quarín C. y Acuña C.A. 2015. Nutritional characteristics and cattle preference in *Paspalum atratum* and *P. lenticulare*. 5 th International Symposium of Forage Breeding. Buenos Aires.

Muir, J.P., Dubeux Jr, J.C.; Dos Santos, M.V.; Maposse, I.C.; Pitman, W.D. y Butler, T.J. 2014. Challenges to domesticating native forage legumes. Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales 2: 94-96.

Muir, J.P., Pitman, W.D. y Foster, J.L. 2011. Sustainable, low?input, warm?season, grass-legume grassland mixtures: mission (nearly) impossible? Grass and Forage Science 66: 301-315.

Panigatti J.L. 1974. Manejo de *Melilotus alba* para asegurar la resiembra natural. INTA, EEA Rafaela. Boletín Interno de Divulgación N° 29. 13 p.

Quarín, C.L., Espinoza, F., Martínez, E. J., Pessino, S. C., & Bovo, O. A. (2001). A rise of ploidy level induces the expression of apomixis in *Paspalum notatum*. Sexual Plant Reproduction, 13(5), 243-249.

Quarín, C.L., Valls, J.F.M. y Urbani, M.H. 1997. Cytological and reproductive behavior of *Paspalum atratum*, a promising forage grass for the tropics. Tropical Grasslands 31: 114-116.

Rogers, M.E.; Craig A.D.; Munns, R.; Colmer, T.D.; Nichols, P.; Malcolm, C.V.; Barrett-Lennard, E.G.; Brown, A.J.; Semple, W.S.; Evans, P.M.; Cowley, K.; Hughes, S.J.; Snowball, R.; Bennett, S.J.; Sweeney, G.C.;

Dear, B.S y Ewing, M. 2005. The potential for developing fodder plants for the salt-affected areas of southern and eastern Australia: an overview. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 45: 301–329.

Skerman, P.J.; Cameron, D.G. y Riveros, F. 1991a. *Macroptilium*. En: FAO (ed), Leguminosas forrajeras tropicales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. p 356-374.

Skerman, P.J.; Cameron, D.G. y Riveros, F. (1991b). *Aeschynomene*. En: FAO (ed). Leguminosas forrajeras tropicales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, p 233-241

Smith, F.S.; Lloyd-Reilley, J. y Ocumpaugh, W.R. 2010. South Texas natives: A collaborative regional effort to meet restoration needs in south Texas. *Native Plants Journal* 11: 252-268.

Squires, V.R. y Glenn, E.P. 2016. Creating an economic linkage between fossil fuel burning, climate change, and rangeland restoration. In: West, N.E. (ed.). *Rangelands in a Sustainable Biosphere*. Proceedings of the Fifth International Rangeland Congress. Volume 1: Contributed presentations, 531-532. Denver, CO: Society for Range Management.

Stuber, C.W. y Hancock, J. 2008. Sustaining Plant Breeding—National Workshop. *Crop Science* 48: 25-29.

Teakle, N.L., Flowers, T.J.; Real, D. y Colmer, T.D. 2007. *Lotus tenuis* tolerates the interactive effects of salinity and waterlogging by 'excluding' Na⁺ and Cl⁻ from the xylem. *Journal of Experimental Botany* 58: 2169-2180.

Trigg, P. 2004. *Melilotus albus* (Sweet clover) 'Jota'. *Plant Varietal Journal* 17:127–128.

Tropical Forage. 2016. List of Forages Species. <http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/index.htm>. Fecha de acceso, 23/9/2016.

Vignolo, O. y Fernández, O.N. 2014. Bioecología de *Lotus glaber* Mill. (Fabaceae) en la Pampa Deprimida (provincia de Buenos Aires, Argentina). *Revista Argentina de Producción Animal* 26: 113-130.

Zabala, J.M.; Giavedoni, J.A.; Tomas, P.A. y Budini E.A. 2010. Variabilidad interpoblacional en variables morfológicas relacionadas con la implantación de *Desmanthus virgatus* L. (Will) y *Desmanthus paspalaceus* (Lindman) Burkart. *AGRISCIENCIA XXVII* (2) 97-106.

Zabala, J.M.; Gollan, A.; Perren, C. y Pensiero, J.F. 2011a. Tolerancia a la salinidad en germinación y estado de plántula en el complejo *Desmanthus virgatus*. Libro de resúmenes de la Segunda Reunión de la Red Argentina de Salinidad. Sociedad Rural de Tucumán, San Miguel de Tucumán.

Zabala, J.M.; Taleisnik, E.; Giavedoni, J.A.; Pensiero, J.F. y Schrauf, G.E. 2011b. Variability in salt tolerance of native populations of *Elymus scaberrifolius* (Döll) J. H. Hunz from Argentina. *Grass and Forage Science* 66: 109-122.

Zabala, J.M.; Schrauf, G.; Baudracco, J.; Giavedoni, J.; Quaino, O.; Rush, P. 2012. Selection for late-flowering and greater number of basal branches increases the leaf dry matter yield in *Melilotus albus* Desr. *Crop and Pasture Science* 63: 370-376.

Zabala, J.M.; Pensiero, J.F.; Tomas, P. y Giavedoni J.A. 2008. Morphological characterisation of populations of *Desmanthus virgatus* complex from Argentina. *Tropical Grassland* 42: 229-236.

Zabala, J.M.; Pensiero, J.F.; Forni, M.; Sosa N., Testa, M.; Giavedoni J.; Aiello, F; Yost A. y Quarín P. 2015. Valorización de los recursos fitogenéticos a través de pequeñas empresas productoras de semillas de forrajeras nativas: evaluación de algunos factores que afectan la producción de semillas en leguminosas forrajeras. En: Red de Cultivos no Tradicionales de Agricultura Familiar. XVII Foro de Decanos de Facultades de Agronomía del Mercosur, Bolivia y Chile. Pag.65-73. 1ra ed. Universidad Nacional de Entre Ríos. 96 págs.

Zuloaga, F.O.; Nicora, E.G.; Rúgolo De Agrasar, Z.E.; Morrone, O.; Pensiero, J.F. y Cialdella A.M. 1994. Catálogo de la familia Poaceae en la República Argentina. Missouri Botanical Garden, Monographs Systematic Botany Vol. 47. 178 pp.

NOTA: Este resumen es parte de un trabajo presentado a la revista FAVE (Sección Agrarias) en una edición especial de la misma, en ocasión de las IV Reunión de la Red Argentina de la Salinidad en la localidad de Reconquista, Santa Fe. Este trabajo se publicará en el volumen 2 del año 2015, próximo a editarse. Los autores son el José Pensiero y Juan Marcelo Zabala, docentes investigadores del Programa de Documentación, Conservación y Valoración de la Flora Nativa de la Universidad Nacional del Litoral.

Mejoramiento genético de agropiro alargado, festuca alta, *Lotus tenuis* y *Melilotus albus*

Acuña, M.^{1,2}; Varea, I.²; Maciel, M.^{2,3}; Affinito, A.^{2,3}; Palacios, N.^{2,4},
Andrés, A.^{1,2}

¹ INTA EEA Pergamino. Avda. Frondizi km 4,5 - B2700WAA Pergamino
Pcia. Buenos Aires

² UNNOBA, ³ CIT-NOBA, ⁴ CIC

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha producido en el país una concentración y relocalización del stock bovino, por efecto de la expansión agrícola. En la región pampeana la ganadería ocupa ambientes restrictivos que provocan la disminución del potencial productivo de las pasturas, por efecto de estreses abióticos como la salinidad, la sequía, el anegamiento y las temperaturas extremas, expresados a través del cambio climático, la degradación de los suelos y la disminución de la calidad de las aguas. Existen diversas estrategias tendientes a reducir el impacto de los estreses abióticos sobre la productividad de las plantas, las que involucran tanto acciones sobre los suelos como programas de mejoramiento genético para obtener cultivares más tolerantes. Esta última estrategia se considera más sustentable y viable económicamente. Simultáneamente el mercado de semillas forrajeras ha promovido el desarrollo de genética nacional, en respuesta a la demanda calificada del sector ganadero en búsqueda de cultivares de especies adecuadas para la alimentación a pasto. Esto genera una necesidad permanente de disponer de innovaciones genéticas en agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*), festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb. var *arundinacea*), lotus tenuis (*Lotus tenuis*) y melilotus de olor blanco (*Melilotus albus*), que superen los mosaicos ambientales y promuevan una expansión ganadera sustentable en la región pampeana. Estas especies se encuentran entre las de mayor valor alimenticio para el ganado en estos ambientes, y se destacan por su amplia variabilidad genética y plasticidad fenotípica, características que les permite superar los mosaicos ambientales. En los últimos años el equipo de investigación y desarrollo de la UNNOBA y del INTA (Unidad Integrada UNNOBA-INTA) han conducido investigaciones en genética y desarrollo de germoplasma de estas especies. Los avances mayores han sido en la obtención de cultivares con tolerancia a estreses abióticos y de importante

productividad forrajera; algunos de estos cultivares han sido licenciados a empresas del sector semillerista nacional.

Las investigaciones en las especies de interés

El equipo de investigación y desarrollo UNNOBA-INTA aborda aspectos interdisciplinarios (genética, biotecnología, fisiología, ecofisiología, microbiología) enfocados en el comportamiento y la selección de germoplasma con tolerancia a estreses abióticos y su comportamiento a campo en condiciones reales de uso. Muchas de estas investigaciones son abordadas en las tesis de becarios doctorales y maestrandos. En términos generales para el estudio de la tolerancia al estrés salino y estrés por sequía se trabaja siguiendo protocolos determinados, en condiciones controladas, y poniendo a prueba las especies estudiadas en pruebas de aproximación. Los genotipos selectos (familias, poblaciones, etc) son testeados posteriormente en condiciones de campo en suelos con restricciones y se simulan condiciones de estrés hídrico. A continuación se mencionan algunos de los resultados logrados hasta el momento en dichas investigaciones.

Agropiro alargado

En estudios de ***estrés por exceso de sales*** en agropiro alargado se evaluó la producción de materia seca por planta, de una población colectada en la Depresión del Salado, en diferentes sustratos (Tabla 1) bajo sistema hidropónico. La población estuvo representada por 35 genotipos tomados al azar, que fueron clonados y evaluados en estado de planta adulta.

Tabla 1. Sustratos en los que se dispuso el germoplasma evaluado

Sustratos	CE (dS/m)	pH
Control	<4	6,5-7,5
Sódico	<4	>8,5
Salino	>4	<8,5
Salino-Sódico	>4	>8,5

*Según valores USDA

En términos generales la menor producción de materia seca (PMS) se observó en el sustrato salino sódico (Tabla 2), mientras que la mayor producción de materia seca fue para el sustrato control (ausencia de sales).

Asimismo, también se abordó el estudio de la interacción genotipo x ambiente (GxA) a través del análisis AMMI (Gauch, 1988) para el rendimiento de materia seca de tres cortes y la estabilidad fenotípica de los 35 genotipos clonados de agropiro alargado (Acuña et al., 2014).

Tabla 2. Producción de materia seca (PMS=g/planta) para los 35 genotipos de la población, en los diferentes sustratos.

Sustratos	PMS (g/planta)
Control	9,63
Sódico	2,10
Salino	3,92
Salino-Sódico	1,47
LSD	0,31

En la Figura 1 se puede observar la representación de los 4 ambientes y los 35 genotipos. A partir de este análisis se seleccionaron aquellos genotipos tolerantes y susceptibles, en función de su producción de materia seca por ambiente y para todos los ambientes. Se seleccionaron 12 genotipos y se cosecharon de manera individual, obteniendo así las familias de medio hermanos (FMH) tolerantes para aquella descendencia desde los genotipos tolerantes (6 FMH) y por ende los de mayor producción y FMH susceptibles a la descendencia de aquellos genotipos que presentaron la menor producción (6 FMH).

Las 12 FMH seleccionadas, están siendo evaluadas actualmente en igual sistema hidropónico que el ensayo realizado en la población, emulando los mismos sustratos (Cuadro 1), cada FMH está representada 24 individuos. Transcurridos los 35 días desde el inicio de tratamiento se realizó el primer corte de materia seca. De manera exploratoria se observó la misma tendencia que para el ensayo de la población (Figura 2), donde la mayor producción fue en el sustrato control, y la menor producción se observó en el sustrato salino-sódico.

En otro estudio destinado a evaluar el **estrés hídrico** en agropiro, se estudiaron 12 FMH en condiciones controladas de cámara de crecimiento, donde se aplicaron dos tratamientos: (i) control (contenido hídrico del suelo –CHS- del 80 a 90%) y (ii) sequía (suspensión del riego hasta que se llegó a 20-25%CHS). El CHS se determinó por pesada de la maceta en forma diaria. Una vez que las macetas destinadas a sequía alcanzaron el 20-25%CHS se procedió al muestreo de las mismas y se midió: altura, número de macollos, número de hojas, peso fresco aéreo (pfa), peso seco aéreo (psa) y contenido relativo de agua (CRA). Para la mayoría de las variables evaluadas se observó una respuesta diferencial

de las FMH a los tratamientos impuestos (interacción FMH x Trat significativa). Si bien todas las FMH redujeron el crecimiento en el tratamiento sequía, no lo hicieron en igual magnitud, detectándose FMH con mayor y menor reducción del crecimiento.

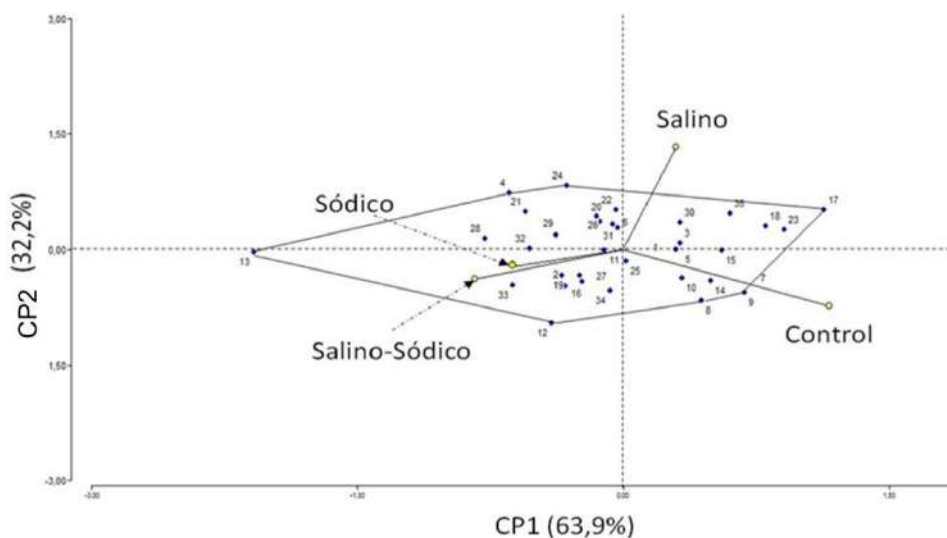


Figura 1. Representación de los 35 genotipos y cuatro ambientes respecto a los dos primeros ejes de componentes principales del análisis AMMI de la producción de materia seca. Los puntos son los genotipos, los vectores son los ambientes.

Sin embargo para esta instancia de primer corte, no hubo diferencias significativas para la producción de materia seca, entre los sustratos con presencia de sales. Se seguirá el ensayo contemplando dos cortes más, a los 65 y 95 días desde inicio de los tratamientos.

Trébol olor blanco

En *Melilotus albus* se evaluó el comportamiento a **estrés salino** de 18 familias de medios hermanos (FMH) en estudio hidropónico ante dos concentraciones salinas: sin sal y 240 mM de NaCl. Se evaluaron caracteres de interés agronómico como producción de materia seca, altura de planta, número de hojas, verdor o coloración de las hojas, entre otros. Se comparó la producción y performance de cada FMH en su situación control respecto a la situación salina y se evaluó el daño, o la disminución del crecimiento. Los resultados permitieron seleccionar 5 de

las 18 familias por alta producción y bajo nivel de daño (Figura 3 y 4), lo que equivale aplicar una intensidad de selección del 27%. Las selectas fueron sembradas en un lote de policruzamiento para conformar un pool génico de tolerantes y evaluar nuevamente el comportamiento en otro ensayo de hidroponía.

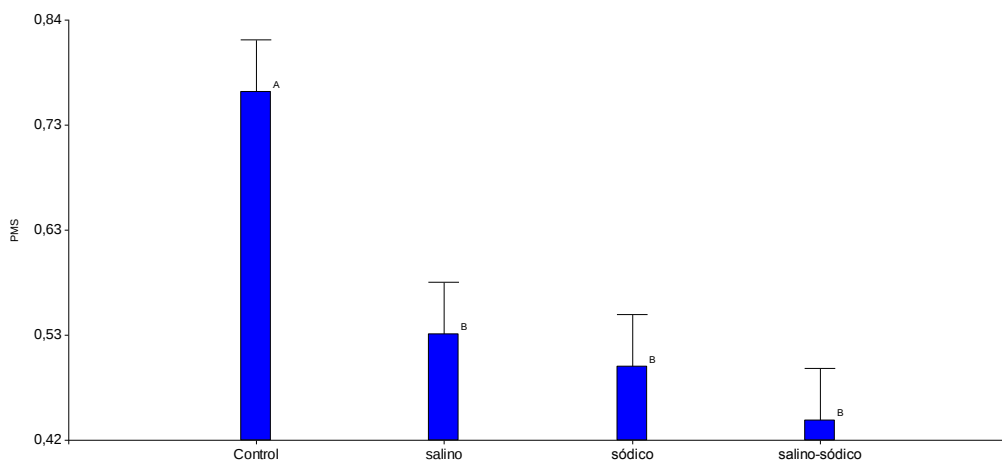


Figura 2. Producción de materia seca (PMS=g/planta) para las 12 FMH en los diferentes sustratos.

Lotus tenuis

En *Lotus tenuis* se seleccionaron familias de medios hermanos (FMH) por su tolerancia a **estrés salino**, expuestas a 0 y 150mM de NaCl durante 27 días (Franco, 2014). Al final del ensayo se evaluaron caracteres productivos: número de tallos, longitud de tallo principal, peso fresco aéreo, peso seco aéreo. Por cada carácter se estimó el daño producido por el estrés salino, y a partir de muestras de tejido fresco se midieron parámetros bioquímicos como contenido de malondialdehído, concentración de glutatión total, glutatión reducido y glutatión oxidado, como indicadores de daño oxidativo. De estos estudios se seleccionaron las FMH tolerantes a la salinidad para continuar con su evaluación agronómica y molecular en condiciones de campo con suelo sódico (Affinito, 2014).

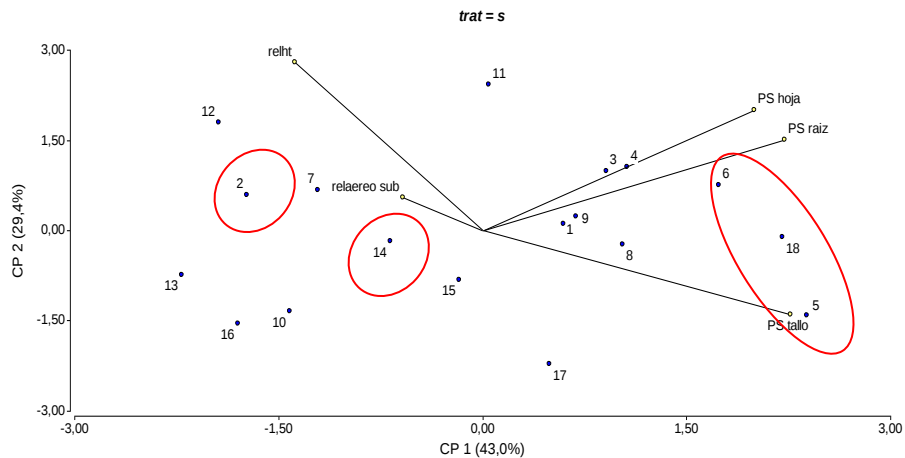


Figura 3. Análisis de Componentes principales para las 18 FMH de *Melilotus albus* evaluadas en el tratamiento salino para las variables peso seco (particionado en hoja, tallo y raíz), relación hoja:tallo y relación PS aéreo: PS subterráneo.

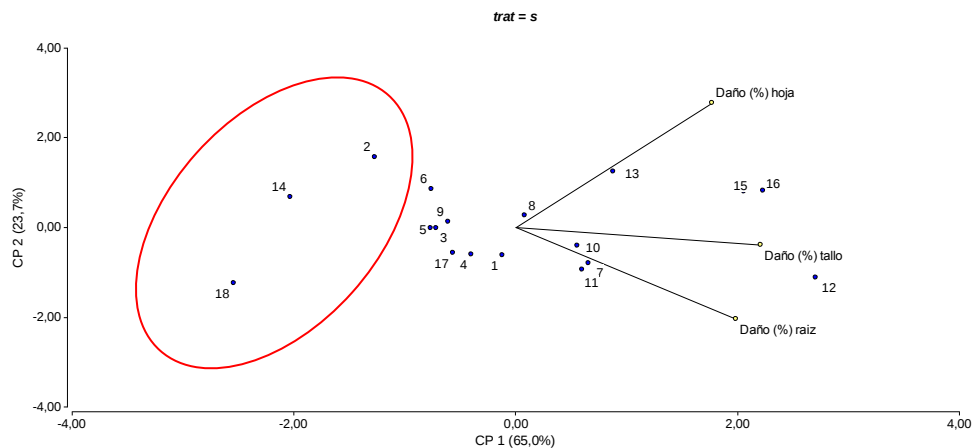


Figura 4. Análisis de Componentes principales para las 18 FMH de *Melilotus albus* evaluadas en el tratamiento salino para los daños, particionado en hoja, tallo y raíz.

El estudio continuó con la validación de los resultados en siete familias selectas trasplantadas a campo en un suelo sódico, en condición de planta espaciada, donde se registró sobrevivencia, vigor de planta en tres fechas, número de tallos vegetativos en tres fechas y diámetro en tres fechas. Coincidiendo con trabajos anteriores en la especie (Andrés &

Rosso, 2007; Pesqueira, 2008; Franco, 2014), se detectó variabilidad genética entre las familias para todos los caracteres morfo-fisiológicos evaluados.

Las 5 familias que demostraron comportamiento contrastante a la salinidad en el estudio a campo (Affinito, 2014), fueron caracterizadas mediante marcadores microsatélites (SSR) transferidos de *Lotus japonicus* y *Trifolium repens*. Si bien no se encontraron diferencias entre la variabilidad de frecuencias alélicas en familias consideradas tolerantes y susceptibles luego del estudio a campo, se detectó elevada variabilidad entre y dentro de las familias. Actualmente se están realizando estudios de expresión transcripcional en raíz y hoja de genes involucrados con el transporte y la exclusión de sodio, en familias de medio hermanos que presentaron comportamiento contrastante a la salinidad en ensayos previos, creciendo bajo distintas concentraciones de NaCl. Los genes candidatos son: NHX1, SOS1, HKT, CCC, VP1 (H⁺-Pirofosfatasa vacuolar, relacionada con la actividad de NHX1).

Festuca alta

En festuca alta se colectaron nueve poblaciones en el noroeste de la provincia de Buenos Aires, ubicadas en los sitios periféricos al nicho ecológico realizado (Scheneiter *et al.*, 2015), con el fin de disponer de germoplasma adaptado a condiciones limitantes de temperatura y sequía. En cada sitio se recolectaron vía vegetativa 40 genotipos por población; posteriormente los 360 genotipos fueron caracterizados molecularmente mediante siete marcadores SSR propios de festuca diseñados por la Samuel Roberts Noble Foundation (Saha *et al.*, 2006). La extracción, cuantificación, amplificación de DNA (PCR), corrida y revelado de geles, se realizaron según protocolo del Laboratorio de Biotecnología de la EEA INTA Pergamino. A partir de los alelos identificados se construyó una Matriz Básica de Datos computando la presencia/ausencia de banda o alelo, mediante 1 y 0 respectivamente. Los datos fueron analizados mediante el programa STRUCTURE y se detectó la formación de tres grupos genéticamente aislados (máxima divergencia genética expresada) (Figura 5). Cada uno de estos grupos conforma un bloque de policruzamiento para dar lugar a la formación de familias de medios hermanos (FMH) que serán evaluadas por su comportamiento ante **estrés salino y estrés hídrico**.

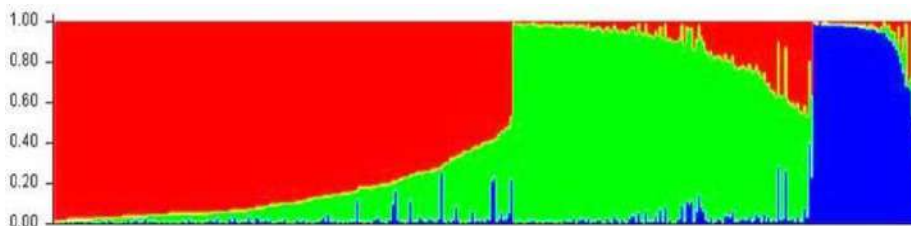


Figura 5. Agrupamiento de genotipos de festuca alta mediante el programa STRUCTURE.

Bibliografía

- Andrés, A., 2001. Posibilidades de mejoramiento en agropiro alargado: avances en la generación de nuevos cultivares. Reunión anual sobre forrajeras: "Una mirada hacia los suelos ganaderos". INTA Pergamino. pp. 15 - 24.
- Bennett, S. J., Barret-Lennard, E.G. and Colmer, T.D., 2009. Salinity and waterlogging as constraints to saltland pasture production: A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 129: 349-360.
- Gauch H.G. Jr., 1988. Model selection and validation for yield trials with interaction. *Biometrics* 44, 705-715.
- Massoud, F., 1997. Basic principals for prognosis and monitoring of salinity and sodicity. In: *Proceedings international conference on management of saline water for irrigation*. Technical University. Lubbock, Texas. 432-454.
- Munns, R., 2004. The environmental and physiological nature of salinity. www.plantstress.com/articles.
- Richards, L. A. (Ed.) 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. USDA Agriculture Handbook 60, Washington D. C.
- Shannon, M. C., 1998. Adaptation of plants to salinity. *Adv. Agron.* 60. 75– 119.

Herramientas Moleculares Aplicadas al Mejoramiento de la Tolerancia a la Salinidad en Forrajas

Schrauf Gustavo E^{1*}, Alonso Nogara Flavia¹, Rush Pablo¹, Peralta Roa Pablo¹, Musacchio Eduardo¹, Ghio Sergio¹, Giavedoni Julio², Pensiero José², Tomas Pablo², Zabala Juan M²

1) Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Cátedra de Genética, Av. San Martín 4453 (1417) CABA. E-mail: 2) Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ciencias Agrarias, Kreder 2805, (3080HOF) Esperanza, pcia de Santa Fe.

Ante las dificultades que presenta el mejoramiento genético de especies forrajeras y la complejidad del estrés por salinidad, las técnicas moleculares se muestran como herramientas que permitirán reducir dichas dificultades y simplificar la selección. Se describen aplicaciones de estas herramientas moleculares que permiten no sólo generar información básica, sino también acelerar los procesos de mejoramiento y comprender las bases fisiológicas y genéticas involucradas en la tolerancia a salinidad. Se muestran ejemplos de marcadores para estimar la variabilidad, para la búsqueda de marcadores asociados a la exclusión de sodio (Na) en *Elymus scaberrimus*. En *Paspalum dilatatum* se muestran los resultados obtenidos producto de la aplicación de transgénesis para introducir diferentes tipos de transportadores de intercambio Na^+/H^+ . A su vez se analizan las perspectivas y los posibles caminos exitosos en el mejoramiento de la tolerancia a salinidad producto de la aplicación de las ómicas y de la Edición Génica.

Dificultades en el Mejoramiento de Especies Forrajeras Perennes

Una especie perenne requiere ser evaluada más de un año para tener un dato confiable sobre su producción, pero además es frecuente que la producción inicial no esté correlacionada con la producción total a lo largo de los años ni con la perennidad (Snaydon, 1985). En el mejoramiento de especies para granos ha sido posible lograr avances en el rendimiento modificando la asignación de fotoasimilados incrementando los granos como destino y a su vez en estas especies lo que se comercializa es lo que se quiere incrementar. En especies forrajeras los cambios de destino tienen usualmente un alto costo, especialmente hacia una menor perennidad (Díaz et al, 2005). Uno de los grandes inconvenientes en forrajeras es que se comercializa a través de semillas pero su valor está en la producción de hojas y puede haber contradicciones entre la

producción de forraje y la producción de semillas. Más difícil aún es que para la mayoría de las especies la calidad del forraje decae cualitativamente cuando la planta florece. Al florecer los tejidos se lignifican, la relación hoja/caña u hoja/tallo se reduce y conlleva a una reducción de la digestibilidad (Schrauf, 1992). Otra dificultad es que las especies forrajeras no se siembran usualmente puras sino en mezclas con otras y esto acarrea una enorme dificultad para su evaluación. Lo más frecuente es seleccionar en planta aislada y evaluar en parcelas densas puras para la producción, aunque el productor siempre las utilice en mezclas (Hill 1990). También puede ocurrir que la tolerancia al estrés salino esté negativamente asociada con la producción y calidad forrajeras por lo que la evaluación es compleja y es frecuente que la heterogeneidad de los ambientes salinos resulte alta. Pero además, la evaluación final la da el animal y como la producción animal depende de la cantidad y calidad del forraje, es necesario estimar a ambas y frecuentemente ambas están negativamente asociadas (Oba y Allen 1999, Oliver et al, 2005). La eficiencia de cosecha en pastoreo no sólo depende del método de manejo sino también de la arquitectura de las plantas (Carneiro da Silva et al, 2015) y también habría que sumar efectos como la compactación por pisoteo (Striker et al, 2006) que afectan la producción y perennidad de las pasturas. Comparar cultivares resulta costoso y complejo, como las especies forrajeras están destinadas a ambientes marginales a la agricultura con menor valor económico, como son los suelos salino-alcálinos, la inversión en mejoramiento de forrajeras es relativamente escasa. Aunque no todas estas dificultades pueden ser resueltas por el uso de herramientas moleculares, es probable que estas permitan acelerar los programas de mejoramiento.

A pesar de que no existe un modelo único para explicar la regulación génica inducida por el estrés hídrico y salino, la evidencia disponible indica que todas las plantas responden a los mismos con mecanismos similares. Sin embargo, existen diferencias especie-específicas que determinan cómo las señales de estrés son procesadas. Los mecanismos actuantes más probables ante estreses hídricos o salinos son los de ajuste osmótico y de eliminación de radicales libres, pero la absorción de iones y su compartimentación, y el control del flujo de agua también juegan un papel importante (Arbona et al, 2013). Aquí también las herramientas moleculares generan conocimientos básicos que permiten comprender tanto el control fisiológico como genético de la tolerancia a la salinidad.

Herramientas moleculares aplicadas al mejoramiento

Las técnicas moleculares permiten tanto la estimación de la variabilidad como la posibilidad de asistir a la selección. Gracias a una reducción significativa de los costos se ha pasado del uso de marcadores anónimos a la posibilidad de secuenciar masivamente y aplicar selección genómica. Por otra parte las tecnologías génicas dan la posibilidad de generar nuevas variantes a través de la transgénesis o a futuro a través de la edición génica. En el presente trabajo se muestran ejemplos de dos especies nativas:

Aplicación de herramientas citológico-moleculares en *Elymus scabrifolius*

Agropiro criollo (*Elymus scabrifolius* (Doll) H.Z.) es una gramínea forrajera nativa de Argentina y Uruguay, perenne, autofértil y de producción otoño-invierno-primaveral. Covas (1978) la consideró como "una de las gramíneas más productivas en la región de invernada de nuestro país". Tomas et al (2012) pudieron identificar cada uno de los cromosomas de la especie y determinar su origen alopoliploide (Figs. 1 a y b). Al aplicar marcadores (AFLPs) (Figs. 1 c y d) se pudo estimar las distancias genéticas entre las accesiones coleccionadas (Tomas et al 2013) y planificar los cruzamientos entre los genotipos (Fig. 1e) que más se diferenciaban a fin de generar variabilidad y luego de conducir a través del método SSD (Single Seed Decent) por 7 generaciones se hallaron combinaciones transgresivas tanto bajo condiciones de salinidad como sin estrés salino (Fig. 1f).

Aplicación de tecnología génica en *Paspalum dilatatum*

Pasto miel (*Paspalum dilatatum* Poir.), una gramínea C4 nativa, de crecimiento primavera-estivo-otoñal, es candidata a cubrir el déficit de productividad estival en sistemas pastoriles. En años anteriores dentro del programa de mejoramiento genético de especies forrajeras de la Cátedra de Genética de la FAUBA se han obtenido dos cultivares que presentan una marcada diferencia genotípica y fenotípica. En colaboración AgriBio–Australia-FAUBA se realizaron estudios transcriptómicos de ambos cultivares (Giordano et al, 2014). Dado que ambos presentan una baja tolerancia a la salinidad y que la variabilidad natural para este carácter es limitada dentro de la especie, la

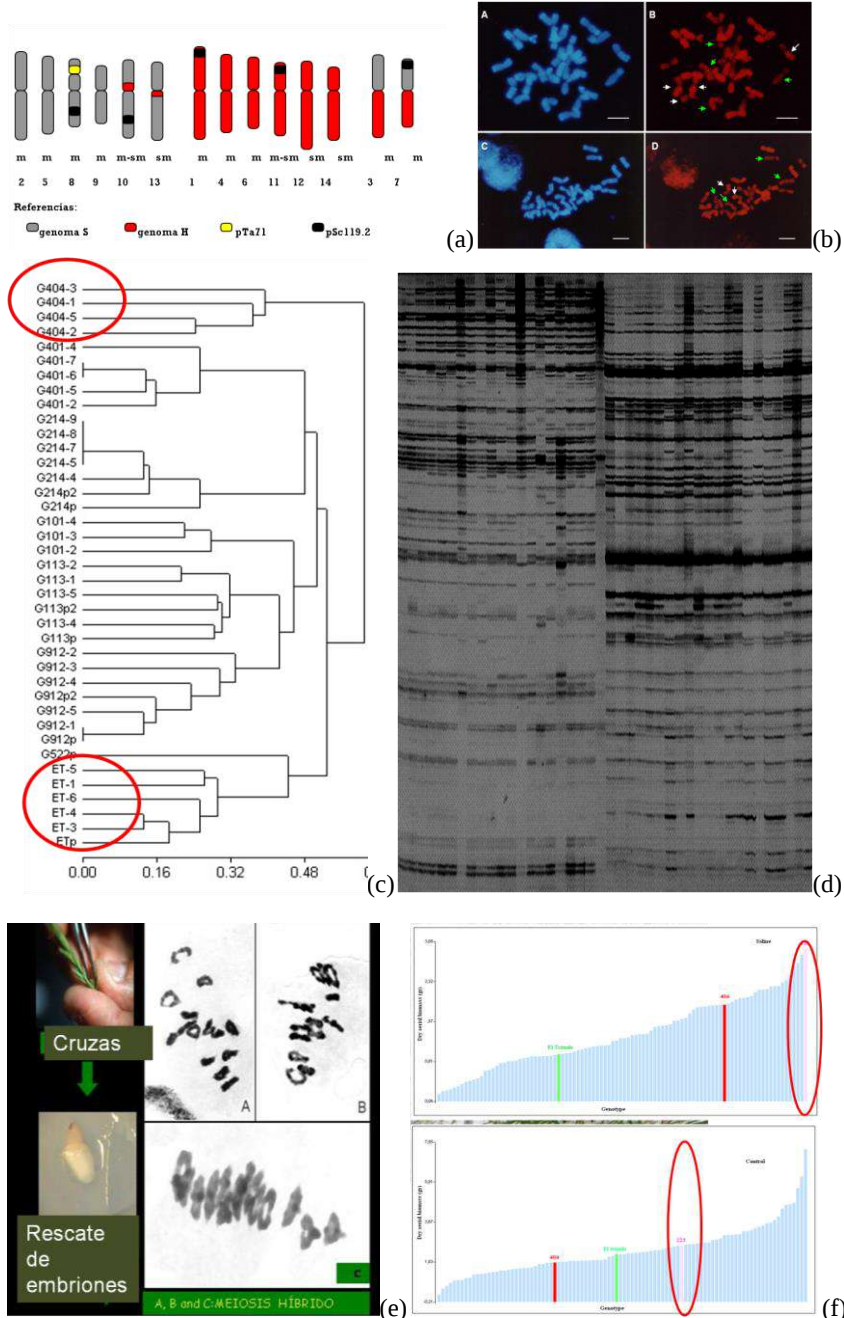


Figura 1: (a) cariotipo de *E. scabrifolius* mostrando el origen alopoliploide, (b) técnicas de FISH-GISH aplicadas en la identificación cromosómica, (c) dendrograma que muestra las distancias entre genotipos, (d) gel de AFLP, (e) técnica de castración y cruzamiento, rescate de embriones y análisis meiótico, (f) producción de materia seca de parentales y de progenies F7 obtenidas al aplicar la metodología SSD (se indica con círculo rojo un genotipo transgresivo como ejemplo).

transgénesis se convierte en una herramienta útil para superar esta barrera. Una estrategia para incrementar la tolerancia a salinidad es la sobreexpresión del gen de *Arabidopsis thaliana* que codifica para un antiporter vacuolar de sodio/protón. El objetivo del trabajo fue incrementar la tolerancia a la salinidad a través de la incorporación vía transgénesis de los genes nhx1 y nhx5. Se transformaron genéticamente los cultivares “Primo” (Genotipo tetraploide de reproducción sexual) y “Relincho” (Genotipo pentaploide de reproducción apomítica) de *Paspalum dilatatum* con los genes Atnhx1 y Atnhx5 (Fig 2d) (Blumwald et al, 2000). La transformación de las plantas fue realizada por biolística sobre callos embriogénicos. Estos fueron inducidos de embriones maduros y fueron proliferados y regenerados según la técnica descrita por Schrauf (2009)(Figs 2a,b y c). Mediante PCR se analizó la presencia de los genes en el genoma de las plantas. Las plantas nhx1 o nhx5 positivas fueron

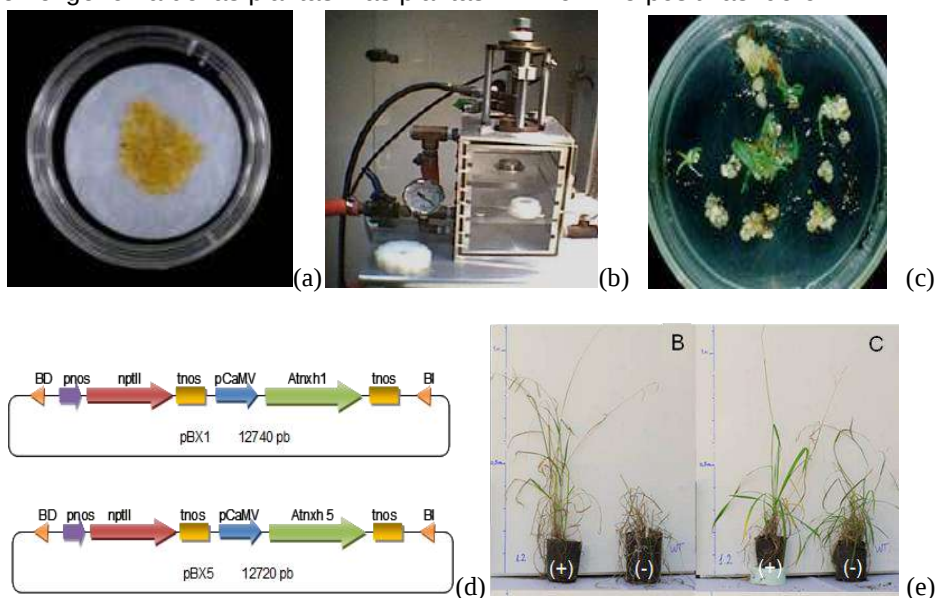


Figura 2: (a) callos embriogénicos previos al bombardeo, (b) cañón génico, (c) regeneración de transgénicas putativas en medio selectivo, (d) Construcciones utilizadas para la transformación. (e) B plantas sometidas a salinidad, C plantas en tratamiento control, (+) plantas PCR positivas (-) plantas wild type (wt).

propagadas vegetativamente y colocadas en terrinas sometidas a incrementos semanales de 50 mM en la concentración de Na hasta alcanzar una concentración de 250 mM y en terrinas control. Las plantas transgénicas mostraron diferencias cualitativas respecto de las plantas controles (wt) en el grado de tolerancia a la salinidad y no difirieron bajo condiciones de ausencia de salinidad (Fig. 2e).

Perspectivas:

Las ómicas (genómica, transcriptómica, proteómica, metabolómica y fenómica) tendrán un alto impacto y se constituirán en herramientas indispensables de todo programa de mejoramiento. La genómica aporta la información base, materia prima del mejoramiento, es por esto que Spangenberg et al (2001) desarrollaron un programa de búsqueda de genes de resistencia a salinidad en *Agrostis adamsonii* como representante australiana de gramínea de ambientes salinos. En Argentina, se han descrito numerosas especies que colonizan exitosamente ambientes salinos (Pensiero y Zabala 2016) que presentan valor *per se*, pero también pueden ser consideradas como fuente de genes para diferentes mecanismos de tolerancia a la salinidad, potenciales candidatos de estudios genómicos.

El estudio de los metabolitos de diversas plantas resistentes a salinidad permite descubrir y proponer nuevas estrategias para poder brindar tolerancia a pasturas de interés a través de su modificación genética. La metabolómica es la más transversal de todas las “ómicas”, ya que los metabolitos reflejan la integración de la expresión genética, interacción de proteínas y otros procesos regulatorios diferentes y por lo tanto están más cerca del fenotipo que los transcritos de ARNm (transcriptómica) o proteínas solas (proteómica). La Metabolómica brinda una herramienta para el estudio de diferentes organismos con resistencia a diferentes estreses hídricos. Se pueden obtener resultados satisfactorios analizando los fenotipos moleculares de plantas en respuestas a estreses abióticos para poder encontrar patrones particulares asociados a la tolerancia a un estrés y utilizarlos para introducirlos en forrajeras no resistentes (Arbona et al, 2013). La asociación de diferentes tipos de marcadores (especialmente SSRs y SNPs) con la expresión de dichos metabolitos permite predecir una aceleración del progreso en el mejoramiento. Mientras que en la técnica de Edición Génica es dónde están depositadas las mayores expectativas, dado que suma a la técnica de transgénesis la capacidad de dirigir la modificación génica en sitios específicos y cambiar puntualmente secuencias regulatorias que se espera impliquen una sobreexpresión de los genes asociados a la tolerancia a la salinidad sin que esas modificaciones impliquen transgénesis. El haber descrito los genes responsables de excluir Na y conferir incrementos relevantes en el rendimiento bajo salinidad (Muns et al, 2012) hace posible proponer que la edición génica de los mismos constituya una alternativa exitosa en el mejoramiento de la tolerancia a la salinidad (Schroeder et al, 2013).

Bibliografía:

- Arbona V, Manzi M, de Ollas C, Gómez-Cadenas A, 2013. Metabolomics as a Tool to Investigate Abiotic Stress Tolerance in Plants. *Int. J. Mol. Sci.* 2013, 14(3), 4885-4911.
- Blumwald E, Aharon GS, Apse MP. 2000. Sodium transport in plant cells. *Biophys. Biochim. Acta* 1465: 140-151.
- Carneiro da Silva S, Fischer A, Elgalise L. 2015. Ecophysiology of C4 Forage Grasses—Understanding Plant Growth for Optimising Their Use and Management. *Agriculture* 5, 598-625.
- Díaz M, Echenique V, Schrauf GE, Cardone S, Polci P, Lutz E, Spangenberg E. 2005. Biotecnología y Mejoramiento Genético de Especies Forrajeras. *RIA* 33(3):77-104.
- Giordano A, Cogan N, Kaur S, Drayton MC, Mouradov A, Panter S, Schrauf GE, Mason JE, Spangenberg G. 2014. Gene Discovery and Molecular Marker Development, Based on High-Throughput Transcript Sequencing of *Paspalum dilatatum* Poir.". *PLOS ONE* 9(2): e85050.
- Hill J. 1990. The three C's—competition, coexistence and coevolution—and their impact on the breeding of forage crop mixtures. *Theoretical and Applied Genetics*, 79(2), 168-176.
- Munns, R. James RA, Xu B, Athman A, Conn SJ, Jordans C, Byrt CS, Hare RA, Tyerman SD, Tester M, Plett D. 2012. Wheat grain yield on saline soils is improved by an ancestral Na⁺ transporter gene. *Nature Biotechnol.* 30,360–364.
- Oba M, Allen MS. 1999. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 31;82(3):589-96.
- Oliver AL, Pedersen JF, Grant RJ, Klopfenstein TJ. 2005. Comparative Effects of the Sorghum-6 and-12 Genes: I. Forage Sorghum Yield and Quality. *Crop Science.* 45(6):2234-9.
- Pensiero JF, Zabala JM. 2016. Recursos forrajeros nativos y naturalizados para suelos salinos. In “La salinidad y alcalinidad en suelos de la Argentina y su efecto sobre la vegetación natural y cultivos”. Eds. Taleisnik E, Lavado R. (en prensa).
- Schrauf GE. 1992 Posibilidades de la Genética para Mejorar el Rendimiento en Especies Forrajeras. *Proceder Agrotecnológico* 3:8-15.
- Schrauf GE. 2009. Aplicación de Métodos Convencionales y Biotecnológicos en el Mejoramiento de *Paspalum dilatatum* Poir. Tesis Doctoral EPG FAUBA.
- Schroeder JI, Delhaize E, Frommer WB, Guerinot ML, Harrison MJ, Herrera-Estrella L, Horie T, Kochian LV, Munns R, Nishizawa NK, Tsay YF. 2013. Using membrane transporters to improve crops for sustainable food production. *Nature.* 497(7447):60-6.
- Snaydon R. 1985. Aspects of the ecological genetics of pasture species. In: *Structure and functioning of plant populations.* Ed. J. Haeck and J. W. Woldendorp. N. Holl. Pub. Amsterdam.
- Striker G, Insausti P, Grimoldi A, León RJC. 2006. Root strength and trampling tolerance in the grass *Paspalum dilatatum* and the dicot *Lotus glaber* in flooded soil. *Functional Ecology*, 20: 4–10.

Tomas P, González G, Schrauf G, Poggio L. 2012. Chromosomal characterization in native populations of *Elymus scabrifolius* (Döll) J. H. Hunz from Argentina through classical and molecular cytogenetics (FISH-GISH) Genome 55(8):591-598.

Tomas PA, Gottlieb AM, Schrauf GE, Poggio L. 2013. Utilización de marcadores morfológicos y moleculares AFLP en la identificación de germoplasma nativo y cultivado de *Elymus scabrifolius* (Poaceae) Rev. FCA UNCUIYO. 45(2): 85-100.

Producción de forraje, fertilidad y microorganismos en suelos afectados por sales y sodio en la Cuenca del Salado

Rodolfo Mendoza e Ileana García

Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia (MACN-CONICET).

El ambiente de los bajos halomórficos de la Cuenca tiene escasa pendiente, suelos pesados con sales y sodio (Na), horizonte superficial de poca profundidad con déficit de nutrientes, especialmente fósforo (P). La combinación con el clima determina sequías e inundaciones y pulsos salinos que afectan la producción vegetal. Además, la ausencia de leguminosas perennes, excepto *Lotus tenuis*, en pastizales naturales y la baja persistencia de esta especie por pastoreo inadecuado y competencia con las gramíneas, afectan aún más la calidad y cantidad de forraje en estos ambientes.

¿Qué opciones tenemos para aumentar la producción?

1) Mejorar las condiciones edáficas (pH, sales, Na) por enmiendas acidificantes como yeso.

Esta práctica, no solo mejora la condición química del suelo y la producción, sino que también aumenta el número de microorganismos de suelo asociados con la nutrición (Mendoza, 1980). Sin embargo, al cabo de un tiempo las condiciones parecen revertirse (Costa y Godz, 1999). Esta práctica es hoy antieconómica debido a las altas dosis de enmienda a aplicar. Sin embargo, con dosis inferiores al 50% y aún menores al estimado convencionalmente es posible obtener buenos resultados (Mendoza, 1980).

2) Utilizar especies y/o ecotipos capaces de optimizar su crecimiento en estas condiciones, especialmente *L. tenuis*.

Se ha comprobado la existencia de ecotipos de *L. tenuis* en un suelo de pH 9.4 y CE 9.2 dS/m diferente en comparación con los hallados en suelos de pH 7 - 8 (Ferraro et al., 2010). La resistencia de *L. tenuis* a inundaciones temporarias y prolongadas ha sido debidamente probada en invernáculo y/o campo (Vignolio y Fernández 1994; Mendoza et al., 2005), y también la resistencia a sequía (García y col., 2008). La presencia de *L. tenuis* en el pastizal aumenta la digestibilidad de la pastura en un 15 % a lo largo del año, pero especialmente en un 40 % en invierno cuando la producción decae (Hidalgo y Rimoldi, 1992).

3) Mejorar la fertilidad del suelo. Que nutrientes y que dosis?

En estos ambientes, la deficiencia de P en suelo es generalizada. Para mejorar y mantener la calidad y durabilidad de una pastura con presencia de *L. tenuis*, es recomendable fertilizar con P pero sin nitrógeno (N), para disminuir así la competencia de gramíneas acompañantes (Mendoza et al., 2016; Fig. 1). El agregado P solo aumenta la nodulación, favorece la absorción de N (61%) y P (40%) en *L. tenuis* en comparación con *Festuca arundinacea* (39%) y (60%) respectivamente; mientras que al agregar N adicional la absorción de N (46%) y P (35%) en *L. tenuis* disminuye, y en *F. arundinacea* aumenta (54%) y (65%) respectivamente. La mayor competencia de *F. arundinacea* sobre *L. tenuis* se ubica a nivel de raíz donde *F. arundinacea* produce el 69% de la masa total de las raíces con P solo y el 74% del total con N-P.

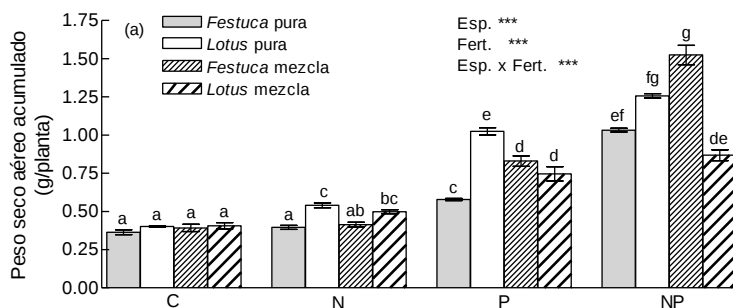


Fig. 1. Materia seca producida de *Lotus tenuis* y *Festuca arundinacea*, en cultivos puros o consociados, y fertilizados con N, P, N-P y suelo sin fertilizar en un Natracuol típico. Letras diferentes indican diferencias a $P < 0.05$.

4) Promover la asociación simbiótica planta-microorganismos para mejorar absorción de nutrientes, sanidad y tolerancia a sales y sodio.

Es aceptado que la asociación simbiótica planta-microorganismos del suelo mejora la absorción, sanidad y tolerancia a salinidad (Ruiz Lozano 2003). Con manejo y controla del pastoreo para mantener una cobertura adecuada de *L. tenuis* resulta indispensable a fin de preservar una cantidad de inóculo de hongos micorrícicos arbusculares (MA) para la próxima estación. Un pastoreo intenso afecta el crecimiento de la raíz y la colonización micorrícica. Alta colonización micorrícica en una estación se asocia con una alta esporulación en la próxima estación (Escudero y Mendoza, 2005).

5) Inoculación con hongos micorrícicos arbusculares y bacterias solubilizadoras de fósforo.

La inoculación con hongos MA y/o bacterias solubilizadoras de P (BSP) es siempre una alternativa que presenta ciertos inconvenientes, más aún en condiciones de campo. Sin embargo, la inoculación de *L. tenuis* a campo con *Pantoea eucalypti* M91 (BSP) y fertilizado con P (Fig. 2), produjo un mayor rendimiento y absorción de N y P respecto de las no inoculadas durante 3 cosechas en condiciones de campo (Castagno y col., 2014).

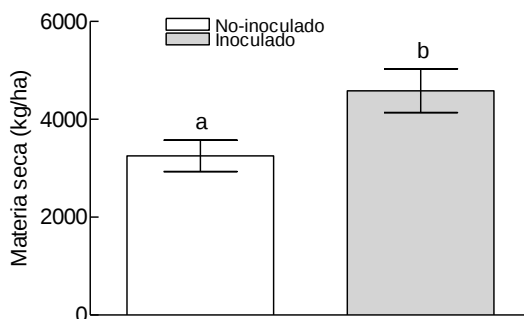


Fig. 2. Materia seca acumulada en 3 cosechas de *L. tenuis* fertilizado con P e inoculado con BSP en un suelo Natracuol. Letras diferentes indican diferencias a $P < 0.05$

También ante condiciones controladas, la inoculación con hongos MA nativos de plantas de *L. tenuis* crecidas en un Natracuol (Fig. 3) ha mostrado diferencias significativas en el crecimiento y tolerancia entre las plantas inoculadas y no inoculadas en condiciones de capacidad de campo (24 %), defoliación intensa (48 %) y sumergencia (64 %) con 4 cm de agua (García et al., 2016).

6) Manejo del pastoreo, cortes y fertilidad en función de cantidad-calidad de forraje, durabilidad de la pastura con presencia de *L. tenuis*.

Se conoce que *L. tenuis* previene el empaste por el alto contenido de taninos en sus tejidos, surge la pregunta respecto la conveniencia de producir pasturas puras de *L. tenuis* o consociadas con gramíneas tales como *F. arundinacea*. Existen al menos 3 conceptos a considerar

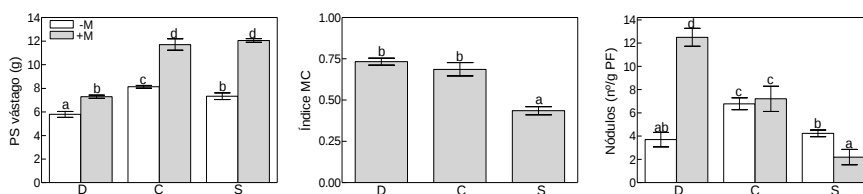


Fig. 3. Peso seco de *L. tenuis* inoculado (+M) con micorizas arbusculares, índice de colonización y nódulos de rhizobia en un suelo Natracuol. Letras diferentes indican diferencias a $P < 0.05$.

respecto al criterio a tener en cuenta desde el punto de vista productivo: económico, ecológico y sustentable, y no necesariamente los 3 van en la misma dirección. En efecto, la mayor producción en kg/ha corresponde a la consociación *Festuca-Lotus* fertilizada con N y P, sin embargo la mayor producción por dólar invertido en fertilización se obtiene con *Lotus* puro fertilizado solo con P con una producción de más de 2 kg MS/dólar respecto a la anterior; mientras que para *Festuca* pura fertilizada con N-P fue de 6 dólares más por kg MS respecto a *Lotus* puro con P. Similares tendencias se observaron a favor de *Lotus* puro en los valores de kg N/dólar y Kg P/dólar cosechado en la materia seca.

Otra referencia respecto al manejo del pastoreo y durabilidad en la calidad de pastura es pastorear antes de la floración de *L. tenuis* y luego no pastorear hasta aproximadamente después de ocurrida el 50% de la dehiscencia de las vainas. De esta manera se podría asegurar una aceptable resiembra natural, y en el caso de trasladar los animales luego del pastoreo hacia zonas con baja cobertura de *L. tenuis* se podría obtener resiembra de esta especie a partir de los bosteos.

7) Combinar algunas o todas las opciones anteriores.

La producción en estos suelos bajos de pH cercano a 9 es aproximadamente 2000 kg/ha/año (Hidalgo y Cauhépé, 1991). Es posible aumentar este valor con tan solo un factor involucrado? La combinación de 2 o más factores entre todos los mencionados anteriormente de manera paulatina, moderada pero consistente en el tiempo, podría ser una alternativa superior a las utilizadas corrientemente y que luego se dejan de lado ante el primer fracaso.

8) Ganadería y producción de forraje por ambientes.

La ganadería, producción de forraje y manejo del pastoreo por ambiente es sin duda una alternativa posible que necesita un mayor ajuste y adecuación del sistema en general para su implementación.

Bibliografía

- Castagno L. N., García I. V., Sannazzaro A., Bailleres M., Ruiz O. A., Mendoza R. E., M. J. Estrella. (2014). Growth, nutrient uptake and symbiosis with rhizobia and arbuscular mycorrhizal fungi in *Lotus tenuis* plants fertilized with different phosphate sources and inoculated with the phosphate-solubilizing bacterium *Pantoea eucalypti* M91. *Plant and Soil*. 385: 357-371.
- Costa I., P. Godz. Aplicación de yeso a un Natracuol del sudeste de la Pampa Deprimida (1999). *Ciencia del suelo* 17: 21-26.
- Escudero V., Mendoza R. E. 2005. Seasonal variation of arbuscular mycorrhizal fungi in temperate grasslands along a wide hydrologic gradient. *Mycorrhiza* 15: 291-299.
- Ferraro G., Filip R., del Pero M., Basualdo N., Mendoza R., I. García. 2010. Flavonoids of *Lotus tenuis* (Waldst. & Kit.) as markers of populations growing in soils of different saline and hydrologic conditions. *JBCS, Journal of the Brazilian Chemical Society* 21 (9): 1739-1745.
- García I., Mendoza R., C. Fernández López. (2016). La simbiosis micorrícica mejora la tolerancia de *Lotus tenuis* a la defoliación y sumergencia. Reunión Argentina de Fisiología Vegetal (SAFV). Corrientes. 2016.
- García I., Mendoza R., M. Pomar. 2008. Deficit and excess of soil water impact on plant growth of *Lotus tenuis* by affecting nutrient uptake and arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil* 304: 117-13.
- Hidalgo L., M. Cauhépe. 1991. Producción de forraje de las comunidades de la depresión del Salado. *Revista CREA* 149.
- Hidalgo L. G., Rimoldi P. O. 1992. *Lotus tenuis* en pastizales templado sub húmedos: su efecto en el valor nutritivo de la vegetación. Congreso Latinoamericano de Ecología. 2. (Resúmenes), Carambú, Mina Gerais, Brasil, disc 6-11. SEB. pp. 540-542.
- Hidalgo L., P. Rimoldi. Congreso Latinoamericano de Ecología. Mina Gerais, Brasil, 540-542. 1991.
- Mendoza R. 1980. Efecto del agregado de yeso a un suelo sódico de la Depresión del Río Salado (Buenos Aires-Argentina) y su repercusión sobre algunas características físico-químicas, microbiológicas y producción de forraje. *RIA. INTA*. 15: 573-692.
- Mendoza R., Escudero V., I. García 2005. Plant growth, nutrient acquisition and mycorrhizal symbioses of a waterlogging tolerant legume (*Lotus glaber* Mill.) in a saline-sodic soil. *Plant and Soil* 275 (1-2): 303-313.
- Mendoza R., García I., Fernández López C., D. Depalma. 2016. Competition and growth of a grass-legume mixture fertilized with nitrogen and P: effect on nutrient acquisition, root morphology and symbiosis with soil microorganisms. *Crop and Pasture Science*. 67: 629-640.
- Ruiz Lozano J. M. 2003. Mycorrhiza Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic stress. New perspectives for molecular studies. *Mycorrhiza*. 13: 309-317.
- Vignolio O. R., Maceira N. O., Fernandez O. N. 1994. Efectos del anegamiento en invierno y verano sobre el crecimiento y la supervivencia de *Lotus tenuis* y *Lotus corniculatus*. *Ecologia Austral*. 4: 19-28.

Estrategias para la implantación de forrajeras megatérmicas en el NOA y NEA

Cuando la salinidad / alcalinidad de los suelos es solo una parte del desafío.

Ing. Agr. Rosalba Pemán

Oscar Pemán Semillas. Ruta 9 km 761, Sinsacate. Pcia.de Córdoba
rosalbapeman@peman.com.ar

Los suelos salinos y salinos sódicos están presentes en ambientes áridos, semiáridos y húmedos del NOA Y NEA, principalmente en las provincias de Santa Fe, Chaco, Santiago del Estero, Tucumán, Salta y Córdoba. Las condiciones edáficas y climáticas son muy variadas en estas vastas regiones del país (Taboada y Lavado, 2009), por lo que la decisión de incorporar una pastura a la cadena forrajera requiere de un adecuado estudio técnico, que implica entre otras cosas el conocimiento de la historia del lote, la identificación de la vegetación existente, análisis de suelo, elección de la especie y cultivar a implantar, densidad, época y tipo de siembra.

Un caso característico es el de la depresión de la laguna Mar Chiquita, al Noreste de Córdoba donde la implantación se realiza sobre campos naturales con suelos salinos y presencia abundante de espartillo. En esta situación, es necesario llevar adelante una estrategia de implantación que incluye el control del espartillo y la incorporación de un cultivo antecesor para generar las condiciones adecuadas para la implantación de la pastura, proceso que puede llevar entre 2 y 3 años hasta el inicio del pastoreo. También es frecuente el anegamiento temporario de los lotes, lo que requiere en algunos casos trabajos de sistematización previos a la implantación.

En los últimos años, tanto en el NOA como en el NEA se ha incrementado la siembra de pasturas megatérmicas en lotes con historia agrícola que poseen niveles bajos y medios de salinidad. Estos cambios en la orientación productiva de los campos, obedece principalmente a los bajos rindes obtenidos en soja o maíz, consecuencia de la limitación edáfica y las condiciones climáticas adversas registradas en los últimos años.

En estos casos es necesario considerar los beneficios de la siembra directa asociada a la tecnología aplicada a la semilla que ha permitido implantar pasturas megatérmicas en esos ambientes. Trabajos realizados por Perez et al. (2014), muestran que Grama Rhodes cv Finecut implantada en siembra directa en suelos salinos, posee mayor producción

de biomasa a un año de la siembra en comparación con una siembra convencional. La utilización de cultivos acompañantes, anuales, es frecuente en estas situaciones.

En los bajos submeridionales y otras áreas del NEA, en lotes bajos, en ocasiones anegadizos y con suelos heterogéneos, se ha incrementado la utilización de mezclas de gramíneas forrajeras donde las consociaciones más habituales incluyen Grama Rhodes diploides y tetraploides y *Panicum coloratum* cv Klein y bambatsi. En el caso de Grama Rhodes los cultivares más difundidos son los diploides Finecut, Reclaimer, Santana INTA PEMA y Katambora y entre los tetraploides Epica INTA PEMA y Callide. En estos casos la implantación se realiza sin remover el suelo, realizando un barbecho químico y posterior siembra área de las pasturas.

Otra alternativa en el NOA y NEA es la implantación de pasturas en sistemas silvopastoriles en lotes con suelos salinos, incorporando Grama Rhodes al bosque nativo existente mediante rolado de baja intensidad. La producción de carne en un sistema silvopastoril con la incorporación de Grama Rhodes Epica INTA Pema en una plantación de Algarrobo blanco es evaluada desde 2010 en IIASC INTA en el departamento Leales, Tucumán (Martínez Calsina et al, 2015). El éxito de la implantación está relacionado con las condiciones ambientales durante ese período que abarca, en término medio, tres meses.

En ambientes áridos y semiáridos, con presencia de suelos salinos o salinos sódicos, las causas más habituales de mortandad de plántulas están relacionadas con los periodos de sequía y altas temperaturas que puedan ocurrir durante esta etapa, los que provocan una disminución del stand inicial. El desarrollo de tecnología aplicada a las semillas forrajeras subtropicales que incluye la ruptura parcial de la dormición, la promoción del desarrollo radicular temprano y la protección contra patógenos permite aumentar la eficiencia de implantación.

En ambientes húmedos, la pérdida de plántulas está asociada a períodos prolongados de encharcamiento o inundación que puedan ocurrir durante la implantación. En el caso de la Grama Rhodes la etapa crítica es la implantación, donde la especie muestra la mayor sensibilidad a la salinidad, las altas temperaturas y la sequía. Respecto al anegamiento en el estado de plántula, Grimoldi et al., 2015 han encontrado diferencias entre cultivares de Grama Rhodes en la supervivencia y acumulación de biomasa luego de 14 días de sumersión y dos semanas de recuperación posterior.

En el caso de plantas adultas del cv Finecut los mismos autores mostraron que fue capaz de tolerar inundación temporaria invernal y primaveral sin exhibir muerte de plantas. En Grama Rhodes, la capacidad de producir estolones es un aspecto fundamental a considerar en un

proceso de mejoramiento vegetal, ya que de ello depende la cobertura de los lotes, principalmente de aquellos con mayor contenido de sales donde se dificulta el establecimiento de las plántulas. Grama Rhodes cv Epica INTA Peman es un cv tetraploide con alta tolerancia a salinidad que posee excepcionales características de estolonamiento (Taleisnik et al., 2016) lo cual le permite alcanzar una rápida cobertura de suelo.

En el NOA y NEA se considera que la obtención de 30 plántulas por metro cuadrado a 60 días de la siembra permite lograr una buena cobertura del lote. Aproximadamente unas 130.000 has de suelos salinos se implantan anualmente con Grama Rhodes en estas áreas, utilizando alguno de los métodos de siembra descriptos anteriormente.

En un futuro próximo, la disponibilidad de nuevos cultivares de *Panicum coloratum* con mayor tolerancia a suelos salinos y salinos sódicos, junto con nuevos cultivares de leguminosas subtropicales desarrollados en nuestro país, algunos con tolerancia a suelos salinos (Zavala, J. M., comunicación personal) permitirá aumentar la calidad de la oferta forrajera en esos ambientes y mantener la producción de las gramíneas al utilizarlas en consolidación.

Bibliografía

- Imaz, J. A.; Gimenez D.O.; Grimoldi A. Striker G.G. 2015 High recovery ability overrides the negative effects of flooding on growth of tropical grasses *Chloris gayana* and *Panicum coloratum*. Crop and Pasture Science 66: 100-106.
- Martinez Calsina, L; Lara, J.E.; Suarez, F.A.; Ballon, M.Perez, G.P.; Nasca, H.J.A.; Perez, H.E.; Bottegal, D. y Zimerman, M. 2015 Producción de carne en un sistema Silvopastoril de Algarrobos y Grama Rhodes de la llanura deprimida de Tucuman. 3º Congreso nacional de sistemas silvopastoriles. VIII Congreso Internacional de sistemas Agroforestales: 48-52.
- Perez, H.; Luchina, J.; Martinez Calsina, L.; Taleisnik, E.; Erazzú, L.; y Lara, J. 2014 . Implantación y manejo de *Chloris gayana* (Kunth) cv Finecut en ambientes salinos: 1 efecto del tipo de labranza. Revista Argentina de Producción Animal 34 Supl. 1:144.
- Taboada, M.A.; Lavado R.S. 2009. Alteraciones de la Fertilidad de los suelos, el halomorfismo, la acidez, el hidromorfismo y las inundaciones .Editorial Facultad de Agronomía UBA.
- Taleisnik, E; Perez, H. 2016 *Chloris gayana*, una forrajera perenne con alta tolerancia a salinidad. Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina. Publicación conmemorativa. Ed. Jorge Toll Vera

Experiencias con especies megatérmicas en bajos alcalinos de la Cuenca del Salado

José Otondo

INTA EEA Cuenca del Salado. Mitre 202 Chascomus, Bs As.

otondo.jose@inta.gob.ar

Durante los últimos 12 años INTA Cuenca del Salado ha evaluado la performance productiva a campo de dos especies exóticas con características promisorias para incrementar la productividad en suelos afectados por sales. Ellas son grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth), presente en campos ganaderos del noroeste argentino desde 1917, y *Panicum coloratum* L., de difusión más reciente tanto en el norte como en el centro del país. Ambas poseen temperaturas óptimas para la fotosíntesis entre 30 y 35 °C, por lo cual concentran su producción en verano. Además, manifiestan una elevada tolerancia a la salinidad, alcalinidad y sequía, y son muy eficientes en el uso del agua y del nitrógeno. *P. coloratum* en particular, se destaca por poseer muy buena tolerancia a heladas y encharcamientos temporarios, mientras que *C. gayana* presenta alta tolerancia a la salinidad, y su tolerancia al encharcamiento es moderada. Estas especies han mostrado muy buena producción de materia seca, cuando fueron establecidas en suelos halomórficos de otras regiones del país.

En la presente comunicación se analizan experiencias en el manejo a campo de estas especies, sobre suelos que presentan problemas de alcalinidad desde la superficie (Natracualfes con pH > 8,5, PSI >15 y CE < 4 dS/m), distribuidos a lo largo y ancho de la Cuenca del Salado.

Implantación: El logro de estas pasturas sobre suelos con problemas de halomorfismo desde la superficie (Natracualfes) suele ser errático y se han registrado numerosos casos de implantación fallida sin poder establecer causas totalmente claras. Por lo tanto, la decisión de reemplazar la comunidad nativa implica un riesgo importante con la tecnología disponible actualmente, y esta es una de las razones por las que la difusión de estas especies es escasa en la región. Normalmente, en estos suelos, la implantación suele ser despereja y lenta en ambas especies. No obstante esto, se ha observado diferencia varietal, destacándose las variedades Finecut de *C. gayana* y Klein de *P. coloratum* durante la implantación (Pérez et al., 2007). En el caso de *P. coloratum* el suelo puede cubrirse progresivamente a través de la semillazon anual. Una vez implantadas ambas especies pueden generar un incremento de la cobertura del suelo, llegando a duplicar la cobertura alcanzada por la estepa de halófitas (Otondo 2011). Esto es muy importante, ya que la presencia de biomasa vegetal presenta numerosos

beneficios, al disminuir la temperatura del suelo, disminuye la tasa de evaporación de agua y, con ello, el riesgo de salinización (Lavado y Taboada, 1987).

Ambas especies presentan dormición, y si bien se las trata con hormonas para acelerar su germinación, gran parte de las semillas permanecen dormidas, lo que contribuye a que el porcentaje de logro al primer año no suela superar el 10%. Se ha observado que este valor mejora notablemente si al momento de la siembra hay humedad en el suelo y se registran lluvias regulares posteriores a la implantación, por lo cual es muy importante tener en cuenta el pronóstico meteorológico para decidir la siembra.

En cambio, en suelos sin problemas de halomorfismo severo en superficie (Natracuoles y Argiudoles), se han observado implantaciones exitosas y elevadas producciones de forraje durante el primer verano. Sin embargo, en estos suelos la competencia con el pastizal natural durante el invierno-primavera post-implantación afecta fuertemente el rebrote, la producción y la persistencia de las megatérmicas por lo que no se consideran ambientes adecuados para planificar una pastura con buena perennidad de estas especies.

Barbecho: Si el objetivo es lograr una pastura pura, previo a la siembra se debe realizar un buen control de la vegetación existente. Para ello pueden utilizarse herbicidas totales que deberán aplicarse cuando las especies a controlar, principalmente *Distichlis* sp, estén activas (primavera-inicio de verano). Si no se logra un buen control con una sola aplicación, es recomendable una segunda aplicación hasta reducir la cobertura viva a menos del 10 % de la superficie del suelo. Esto suele ser difícil de realizar en sólo una primavera ya que *Distichlis* sp se encuentra bien activo recién a fines de primavera con lo cual no hay tiempo para dos aplicaciones y siembra en fecha.

Fecha de siembra: Ambas especies necesitan temperaturas superiores a 15 °C para germinar por lo cual deben sembrarse durante la primavera-verano. La fecha de siembra más adecuada para la región sería el mes de noviembre, mientras que la aplicación de fertilizantes a la siembra no ha demostrado tener efectos significativos sobre el logro de plantas (Otondo et al., 2014). Las siembras de otoño no han tenido resultados favorables debido a los frecuentes encharcamientos de abril-mayo, y a la elevada frecuencia de heladas tempranas que pueden afectar las plántulas, durante el período de implantación.

Sistema de siembra: Ambas especies deben sembrarse a muy poca profundidad, ya que se trata de semillas muy pequeñas con pocas reservas. No se han encontrado diferencias significativas entre sistemas de siembra (directa, labranza mínima, convencional), por lo cual se recomienda no laborear el lote a fin de no dañar la frágil estructura del suelo y disminuir el riesgo de encostramiento superficial. La siembra en línea a 0,5 cm de profundidad incrementó la densidad de plantas de ambas especies (5 y 6 veces) comparada con la siembra al voleo dejando la semilla en superficie (Otondo et al., 2014).

Densidad de siembra: La densidad a sembrar dependerá de la calidad de la semilla, la cual es muy variable, por lo cual se recomienda realizar un análisis de calidad previo a la siembra. El objetivo es lograr un estand de 20 a 30 plantas por metro cuadrado. El porcentaje de logro promedio evaluado en la región va de 5 a 10 %, y las densidades de siembra más utilizadas rondan los 5-8 kg/ha de semilla comercial fiscalizada.

Productividad y ciclo: La producción anual de forraje promedio de ambas especies se encuentra alrededor de las 5 toneladas de materia seca por hectárea, variando en función de las precipitaciones entre 4 a 7,5 t MS ha/año (Tabla 1).

La producción puede ser afectada por competencia con diferentes especies del pastizal natural, de acuerdo con las características del lote. *P. coloratum* rebrota cada primavera a principios de octubre, mientras que *C. gayana* lo hace dos meses más tarde, lo que la hace más sensible a la competencia. En lotes con presencia de gramilla (*Cynodon dactylon*) se ha observado que la producción de las especies megatermicas se ve fuertemente afectada por tener ciclos productivos similares. Ambas especies presentan su pico de crecimiento en enero y entran en reposo a finales de marzo, hasta la siguiente primavera. De norte a sur de la región el rebrote de ambas especies se retrasa unos 15-20 días.

Calidad nutricional: Las forrajeras megatéricas perennes poseen generalmente una calidad nutricional inferior a las forrajeras templadas. Por ello, suelen ser consideradas como un recurso para animales de bajos requerimientos. La calidad de ambas especies varía ampliamente en función de la etapa fenológica (Tabla 2).

El manejo del régimen de defoliación puede mejorar significativamente la digestibilidad de la pastura durante el rebrote, igualándola a la del agropiro. Utilizar la pastura de *P. coloratum* o *C. gayana* durante su ciclo de crecimiento cada vez que inicia su floración mejora su calidad significativamente respecto de su utilización al fin de la estación de crecimiento.

Tabla 1. Producción (Kg./MS/ha) de especies subtropicales en bajos
sódicos de la Depresión del Salado

Especie	Año	Producción anual Kg/MS/ha	Promedio Penta anual(*) Kg/MS/ha
<i>Chloris gayana</i> Var. Fine Cut	2006	4.916,41	5.010,48 a
	2007	5.817,58	
	2008	4.339,67	
	2009	4.386,48	
	2010	5.592,29	
<i>Panicum Coloratum</i> Var. Klein	2006	4.400,87	5.495,77 a
	2007	7.162,38	
	2008	5.931,91	
	2009	4.659,21	
	2010	5.324,46	
Testigo (Pastizal natural)	2006	2.532,54	2.632,40 b
	2007	3.250,08	
	2008	2.308,26	
	2009	2.099,38	
	2010	2.971,75	

(*) Letras distintas difieren significativamente para $p < 0,05$.

Tabla 2. Comparación de porcentaje de digestibilidad y contenido de proteínas
entre forrajeras de clima templado y megatérmicas

Estado fenológico	Templadas (C3)		Megatérmicas (C4)	
	Digestibilidad (%)	Proteína (%)	Digestibilidad (%)	Proteína (%)
Veg. temprano	67	16	65	12
Veg. avanzado	64	14	62	10
Reproductivo	61	12	59	8
Madura	58	10	56	6

Fertilización: Estudios realizados sobre pasturas de 4 años en suelos halomórficos registraron repuesta a la fertilización con N (Urea) y P (Superfosfato triple de calcio) en *P. coloratum*. La respuesta se registra con dosis medias de los nutrientes, del orden de P25 y N50 (Tabla 3). No obstante, al ser ambientes complejos es necesario continuar con la investigación para confirmar este comportamiento e identificar las variables por las cuales la respuesta a la fertilización no fue mayor.

Utilización al primer año: Durante el año de implantación el objetivo es lograr la máxima cobertura del suelo. Por ello, se recomienda no pastorear el lote si el coeficiente de logro fue muy bajo, para permitir la semillazón de *P. coloratum* y la emisión y enraizamiento de estolones de *C. gayana*. Además el forraje en pie protegerá a las plantas de las heladas durante el primer invierno. Durante la primavera siguiente es recomendable realizar un pastoreo de limpieza a principios de octubre para favorecer el rebrote y el nacimiento de nuevas plántulas en el caso de *P. coloratum*. Si bien ambas especies producen abundante calidad de semilla de una calidad aceptable (Gracia et al., 2015), sólo se han observado nacimientos significativos a partir de semillas generadas *in situ* sobre pasturas de *P. coloratum* (Otondo et al., 2013).

Tabla 3: Biomasa (kg /ha) para las dosis de fósforo (P) y nitrógeno (N) y las estaciones primavera-verano 1 (PV1), otoño –invierno 1 (OI1) y primavera-verano 2 (PV2). (Otondo, 2015)

Nutriente	Dosis (kg/ha)	Biomasa PV1 (kg/ha)	Biomasa OI1 (kg/ha)	Biomasa PV2 (kg/ha)
P	0	3040 a	1620 b	1160 a
	25	3339 a	1903 a	1220 a
	50	3331 a	1854 ab	1266 a
N	0	2853 b	1460 b	1185 a
	50	3271 ab	1801 a	1192 a
	100	3585 a	2116 a	1269 a

(*) Letras distintas difieren significativamente para $p < 0,05$

Manejo recomendado: Cuando se ha logrado una cobertura significativa del suelo (mayor a 60%) el lote puede comenzar a utilizarse. Se recomienda realizar pastoreos livianos, dejando más de un puño de material remanente (más de 10 cm de altura), para permitir un rápido rebrote y evitar la decobertura del suelo. La frecuencia de pastoreo

dependerá del objetivo productivo, y debe surgir de un balance entre calidad y cantidad de materia seca. Pastoreos frecuentes favorecen la calidad del forraje pero pueden limitar la producción total de la pastura, mientras que pastoreos más laxos pueden permitir una mayor acumulación total de forraje pero de menor calidad por el pasaje de los macollos a estadios reproductivos. Teniendo en cuenta que se trata de un ambiente frágil, donde el estrés hídrico es una constante, frecuencias de pastoreo laxas (60 – 70 días entre pastoreos), serían adecuados para lograr una buena producción y persistencia de la pastura. Con esta frecuencia deberían considerarse a ambas especies como un recurso de calidad nutricional regular, a utilizar con rodeos de bajos requerimientos.

Perennidad: En un estudio realizado sobre pasturas implantadas en ambientes hidro-halomórficos de la Cuenca del Salado se evaluó la evolución de la densidad de matas de pasturas monofíticas de *C. gayana* y *P. coloratum*. Se establecieron 9 pasturas de ambas especies a la par, y se registró anualmente la densidad de matas. En *C. gayana* fue muy variable entre sitios, y disminuyó significativamente con los años. La pérdida total de pasturas (n) de esta especie se incrementó gradualmente, y luego de un evento de encharcamiento prolongado seguido de una primavera de alta producción del pastizal natural, entre el año 3 y 4, se observó su desaparición en la mayoría de los sitios, que fueron repoblados por especies nativas. En cambio, la densidad de matas en *P. coloratum* fue menos variable entre sitios, sin registrarse diferencias significativas entre años. Ninguna pastura de esta especie se perdió (Tabla 4), a pesar de haber sido afectadas por los mismos eventos de encharcamiento que *C. gayana*. Cada primavera *C. gayana* rebrotó recién en diciembre, 2 meses más tarde *P. coloratum*, registrando una importante competencia con malezas. Además en *P. coloratum* se observaron plántulas nuevas, consecuencia de la resiembra natural. Estos resultados mostrarían una mejor adaptación y mayor persistencia de las pasturas de *P. coloratum*, en ambientes hidro-halomórficos de la región en estudio.

Rol de estas forrajeras en el sistema productivo de cría vacuna: La implantación de megatérmicas en suelos Natracualfes puede tener más de un objetivo. Por un lado pueden utilizarse para incrementar la producción de forraje respecto de la estepa de halófitas y si son manejadas adecuadamente pueden considerarse un recurso forrajero estratégico para cubrir un bache de producción netamente estival, ya que concentran su oferta de forraje en enero-febrero. También pueden utilizarse para la confección de reservas (rollos). Por otro lado puede generar mejoras en las propiedades físicas del suelo y su contenido de materia orgánica, y en menor medida, en los parámetros de

halomorfismo. Esto se debe a una mayor cobertura del suelo y un incremento en la biomasa de raíces, que favorece la estructuración de suelo, permitiendo posteriormente un mayor ingreso de agua en el perfil (Otondo et al., 2015).

Tabla 4: Promedio ($\pm$ DE) de densidad de matas (matas/m²) de pasturas de *C. gayana* y *P. coloratum* en 4 años de evaluación. (n) indica el número de pasturas vivas (Otondo et al, 2013).

Pasturas		1°	2°	3°	4°
<i>Chloris gayana</i>	Stand de matas	14.9 $\pm$ 7.1 a	8.10 $\pm$ 7.4 ab	8.91 $\pm$ 6.6 ab	1.90 $\pm$ 0.1 b
	n	9	8	6	2
<i>Panicum coloratum</i>	Stand de matas	10.1 $\pm$ 5 a	10.4 $\pm$ 4.8 a	12.8 $\pm$ 4.8 a	12.1 $\pm$ 4.5 a
	n	9	9	9	9

(*) Letras distintas difieren significativamente para $p < 0,05$.

Bibliografía

- García, M.D. Pesqueira, J; Gago, M.A.; Bermúdez, P.S., La Greca, C.L., Otondo, J. 2015. Physical purity and germination of *Chloris gayana* and *Panicum coloratum* seeds collected from plants grown in an alkaline-sodic soil. 5th International Symposium of Forage Breeding.
- Lavado, R.S.; Taboada, M.A. 1987. Soil salinization fluxes as an effect of grazing in a native grassland soil in the Flooding Pampa in Argentina. Soil Use & Management 4: 143-148.
- Otondo, J. 2011. Efectos de la introducción de especies megatérmicas sobre características agronómicas y edáficas de un ambiente halomórfico de la Pampa Inundable. Tesis de M.Sc., Escuela para Graduados Alberto Soriano. FAUBA, Argentina, pp 58.
- Otondo, J.; Melani, E.M.; Cicchino, M.A; Calvetty, M. 2013. Evolución de la densidad de matas de pasturas subtropicales de la Cuenca del Salado. 36° Congreso AAPA. Revista Argentina Producción Animal 33 (Sup. 1): 237.
- Otondo, J; Pesqueira J., Markan E.D., García M D. 2014. Implantación de *Panicum coloratum* y *Chloris gayana* en suelos bajos salino-alcálinos de la Cuenca del Salado. III Reunión de la Red Argentina de Salinidad. Pp 65.

- Otondo, J; Jacobo, E.J, Taboada, M.A. 2015. Mejora de propiedades físicas por el uso de especies megatérmicas en un suelo sódico templado. *Ciencia del Suelo*. 33 (1): 119-130.
- Otondo, J; Heguy B; Insausti, M., Cicchino, M.A. 2015. Fertilización de *Panicum coloratum* implantado en suelos halomórficos de la Cuenca del Salado, 37º Congreso AAPA. *Revista Argentina Producción Animal* 35 (Sup. 1): 186.
- 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. Primera Evaluación. IV Congreso Nacional sobre manejo de pastizales naturales. I Congreso del MERCOSUR sobre manejo de pastizales naturales. Villa Mercedes, San Luis, Argentina.
- Pesqueira, J., Otondo, J.; Bermúdez; P.S., Gago, A.M.; García, M.D. 2015. *Chloris gayana* and *Panicum coloratum* biomass production and forage quality in alkaline (pH $\geq$ 9,5) low lands of the Salado River Basin. 5th International Symposium of Forage Breeding.

Productividad y sustentabilidad con pasturas perennes en suelos bajos: más de 500 kg de carne/ha de pastura/año

Ing. Agr. M.Sc. M. Alejandra Marino y Dra. Mónica G. Agnusdei

Unidad Integrada Balcarce - marino.mariaa@inta.gob.ar

En la Provincia de Buenos Aires existen vastas áreas con suelos no aptos para actividades agrícolas que se destinan a la ganadería extensiva (Vazquez *et al.*, 2008). En la denominada Pampa Deprimida, integrada por la Depresión del Río Salado y la Depresión de Laprida, la actividad predominante es la ganadería vacuna de cría-recría. La Cuenca del Salado, con una superficie de 6,5 millones de ha y más de 6 millones de cabezas, es una de las principales regiones de cría bovina de la Argentina. En los últimos años, un marcado proceso de agriculturización ha desplazado la ganadería hacia áreas no aptas para la realización de cultivos. Esta reducción de la superficie ganadera ha motivado una progresiva intensificación de los sistemas productivos y el incremento de la carga animal (de < 1 EV/ha a 1,2 EV/ha, Vazquez *et al.*, 2008).

Con un régimen pluviométrico anual que varía entre 800 y 1000 mm, recurrentemente ocurren excedentes (principalmente en invierno) y severos déficits hídricos (en diversas épocas del año, sobre todo en verano). Una condición generalizada es el relieve plano-cóncavo, suavemente deprimido y de muy bajo gradiente de pendiente. Más del 60 % de los suelos de la región están afectados por exceso de sales y de sodio intercambiable. Asimismo presentan un horizonte arcilloso sódico poco permeable en profundidad (horizonte Bt nátrico), y se pueden distinguir Natracuoles (ácidos en superficie con pH < 7 y alto contenido de materia orgánica) y Natracualfes (alto sodio intercambiable y pH > 8,5 desde la superficie).

En estos ambientes el agropiro alargado es una gramínea perenne que se adapta y persiste con elevado rendimiento de forraje de calidad. Conocida por su rusticidad y capacidad de adaptación a moderada salinidad, inundación o sequía. En campos bajos de aptitud ganadera con pasturas de agropiro se han registrado producciones de carne superiores a 500 kg carne/ha de pastura (Di Marco *et al.*, 2013; Planiscich, 2015). Asimismo, otra especie que ha demostrado su capacidad productiva en ambientes con limitantes es la festuca alta.

Estos valores son desconocidos, aún por los mismos productores ganaderos que los consideran "ambientes marginales". Comúnmente se encuentran ocupados por pastizales de bajo potencial de producción de forraje, con predominancia de especies como "pelo de chanco", o por

pasturas degradadas, enmalezadas - viejas o nuevas - de muy baja productividad. Debido a su pobre base forrajera, la producción actual de cría y recría en estos sistemas (menos de 100 kg de carne/ha) se encuentra muy por debajo de los techos productivos mencionados anteriormente. Por lo tanto, resultan ser el nicho de mayor potencial para incrementar la producción de carne a campo dentro de la Pampa Húmeda (Agnusdei y Di Marco, 2015; Agnusdei et al., 2014).

Para aumentar la oferta forrajera se ha optado por la utilización de promociones y verdeos. Sin embargo los sistemas ganaderos basados en cultivos anuales (verdeos de invierno y de verano) son más propensos a manifestar problemas de sustentabilidad y tienen una alta dependencia de las lluvias y del abastecimiento de insumos. Con las promociones de raigrás anual en suelos aptos para Agropiro y Festuca se “pierden de producir” de 3 a 6 t MS/año de forraje debido al tiempo “improductivo”, lo cual representa una pérdida entre 100-300 kg. de carne.

Una ganadería moderna, capaz de explotar adecuada y sustentablemente estos ambientes ganaderos, debe contar con muy buenas pasturas perennes como base forrajera y utilizar estratégicamente verdeos y suplementos.

La propuesta en síntesis:

Es factible potenciar la cría y recría vacuna en la Pampa Deprimida. Para ello se propone fortalecer la base forrajera perenne mediante la aplicación de un paquete tecnológico denominado **Buenas Prácticas de Manejo de Pasturas (BPM)**. Las BPM están sustentadas por trabajos de investigación, publicaciones científicas y su posterior validación en campos productivos (Agnusdei et al., 2014). Los puntos claves serían:

1. Aumentar la proporción de **pasturas perennes**.
2. Usar **Buenas Prácticas de Manejo de Pasturas (BPM)**: aplicar el paquete tecnológico de siembra, fertilización y pastoreo.
3. Organizar la **ganadería por módulos**. Para ello es necesario (i) “zonificar” el campo según capacidad de uso, potencial forrajero, riesgos (v.g. anegamiento) y criterios operativos, y (ii) usar la “zonificación” como base para el desarrollo de un proceso gradual de agrupamiento de lotes en módulos para integrar de forma **ordenada** y **eficiente** las BPM al campo.

Las **Buenas Prácticas de Manejo (BPM)** (Fig. 1) consisten en recomendaciones o procedimientos relativamente sencillos de

implementar referidos a la siembra, la fertilización y el pastoreo, que se basan en principios científicos robustos, de alta probabilidad de impacto.

Figura 1. Diagrama de BPM de pasturas



Algunos resultados productivos

La aplicación de las **BPM** en módulos productivos, tanto en condiciones experimentales como en establecimientos comerciales, permitió obtener resultados a campo. A modo de ejemplo, algunos datos se presentan en la Tabla 1.

En la Tabla 2 se muestran valores de producción obtenidos en pasturas de agropiro y festuca. Los animales ganaron peso durante la primavera a tasas de 700-800 g PV/día, y las vaquillonas que recibieron servicio de 15 meses tuvieron entre 93-98% de preñez, con el ternero al pie.

La carga animal utilizada en festuca fue de 6,2 cabezas/ha y en agropiro de 5 cabezas/ha. La producción de carne fue en festuca de 660 kg/ha en 133 días de pastoreo y en agropiro de 365 kg/ha en 92 días. A su vez, los resultados obtenidos muestran que, aplicando el paquete de BPM, el costo de implantación se amortiza con menos del 30% de la producción de carne obtenida en el primer período de pastoreo primaveral correspondiente al año de implantación (Agnusdei y Di Marco, 2015).

Tabla 1: Resultados productivos en pasturas de agropiro/festuca, con animales de recría en campos ganaderos.

Especie	Periodo	Carga (cab/ha)	ADPV (g/día)	Producción (kg carne/ha)
Festuca alta (Recavarren, 2012)	Otoño-Invierno (marzo-agosto) (133 días)	3,4	0,720 (hembra) 0,570 (macho)	369
Agropiro (Arnaude, 2013)	Primavera (Septiembre-diciembre) (90 días)	5	0,800 (terneras)	370
Agropiro (Planiscich, 2015)	Primavera (Octubre-diciembre) (75 días)	12,5	0,916 (Oct) 0,548 (Nov)	604

Tabla 2: Resultados productivos de recría pastoril en pasturas de agropiro y de festuca en campos ganaderos (Agnusdei y Di Marco, 2015).

	Agropiro	Festuca
Días de pastoreo	92	133
Categoría animal	Vaquillonas	Vaquillonas y Novillos
Peso animales (kg)	250	250
Carga animal (cab/ha)	5	6,2
Ganancia de peso (g/día)	793	800
Producción de carne (kg/ha)	365	660
Costo de implantación (kg)	130	115

Por otra parte, en la Figura 2 se puede observar información obtenida por Grupos CREA Olavarría y Laprida. Pasturas de festuca mantuvieron mayor carga animal que avena durante abril y mayo, y valores similares durante junio, julio y agosto. Sin embargo, sobre el verdeo de invierno hubo que recurrir a la suplementación para mantener dicha carga y obtener ganancias de peso de 700 g/cab/día semejantes a las registradas sobre festuca.

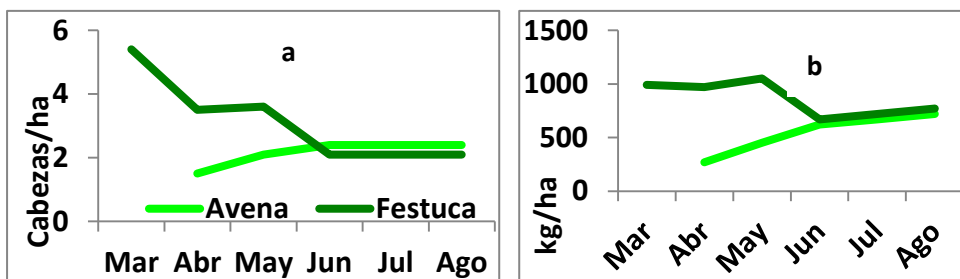


Figura 2: Comparación de la evolución de la carga animal (a - cab/ha y b - kg/ha) sobre festucas puras y avenas de los grupos CREA Olavarría y Laprida durante el otoño-invierno de 2012. Recavarren, 2013.

Consideraciones finales

Se ha demostrado que las pasturas perennes de agropiro y festuca pueden aportar una base forrajera de alta productividad y calidad buena parte del año en campos ganaderos.

Las pasturas base agropiro o festuca con un manejo adecuado son pilares clave para respaldar una ganadería de ambientes considerados marginales de alta producción bio-económica y sustentabilidad ambiental.

Bibliografía

Agnusdei, M.G.; Di Marco, O.N.; Marino, M.A.; Castaño, J.; Recavarren, P.; Arnaude, M.; Bigliardi, M., Berone, G. y Sarlangue, H. 2015. Más producción de carne, menos riesgo y más flexibilidad con pasturas perennes en suelos bajos. Guía Práctica para su Implementación. Primer Premio Colombo & Magliano 75º Aniversario. Lara Producciones Eds, 54 pág.

Agnusdei, M.G. y Di Marco, O.N. 2015. Alta producción en ambientes marginales. *Visión Rural*. Año XXII, N°107: 36 - 38.

Arnaude, M. 2013. Recría en pasturas de agropiro en campos "ganaderos". En: *Pasturas 2013. Claves para producir más y mejor. Jornada Técnica. Unidad Integrada Balcarce Estación Experimental Agropecuaria – Facultad de Ciencias Agrarias*. 87 – 89.

Di Marco, O.N., Harkes, H., Agnusdei, M.G. 2013. Calidad de agropiro alargado (*Thynopirum ponticum*) en estado vegetativo en relación con la edad y la longitud de las hojas. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)* 39: 105-110.

Planisich, A. M. 2014. Pastoreo de Agropiro Alargado (*Thinopyrum ponticum*) en base a criterios ecofisiológicos: Efecto sobre la pastura y respuesta animal. Tesis Magister en Producción Animal. Programa de Posgrado en Ciencias Agrarias. Área Producción y Sanidad Animal. UNMdP.

Recavarren, P. 2013. Manejo ecofisiológico de festucas puras en la depresión de Laprida. En: *Pasturas 2013. Claves para producir más y mejor. Jornada Técnica. Unidad Integrada Balcarce Estación Experimental Agropecuaria – Facultad de Ciencias Agrarias*. 91 – 93.

Vazquez, P., Rojas, M.C., Burges, J. 2008b. Caracterización y tendencias de la ganadería bovina en la cuenca del salado. *Veterinaria Argentina* 248: 272-584.

Patrocinan



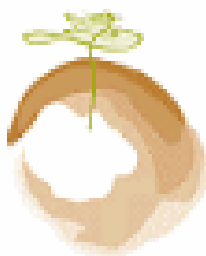
OSCAR PEMAN
Semillas

**Ministerio de Ciencia,
Tecnología e Innovación**



**Buenos Aires
Provincia**

Auspicia



AACCS

ASOCIACIÓN ARGENTINA
CIENCIA DEL SUELO

