

BANCO DE SEMILLAS DE GRAMÍNEAS EN FACHINALES INTERVENIDOS MEDIANTE ROLADO SELECTIVO

GRASS SEEDS BANK IN ENCROACHMENTS OF CALDEN RANGELAND SUBJECTED TO SELECTIVE ROLLER-CHOPPING

Ernst Ricardo Daniel^{1*}, Víctor Vásquez¹, Daniel Estelrich²
& Ernesto Morici^{1,2}

Recibido 28/10/2016
Aceptado 13/06/2017

RESUMEN

El banco de semillas del suelo es la principal reserva de propágulos con que cuenta una comunidad vegetal para su mantenimiento, regeneración y perpetuación. El rolado selectivo puede producir cambios en su composición y distribución. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del rolado selectivo sobre el banco de semillas germinable de gramíneas en una región del caldenal. En áreas roladas y no roladas se tomaron muestras de suelo teniendo en cuenta los parches de vegetación existentes: parches sin cobertura de leñosas (abiertos), parches con cobertura herbácea y de leñosas (cerrados) y parches leñosos. Para determinar la composición y densidad del banco de semillas se utilizó el método de germinación directa o emergencia de plántulas. Se observó que las especies forrajeras encontradas poseen un banco de semillas germinable más abundante en muestras provenientes de áreas roladas y abiertas. En cuanto a las especies no forrajeras, por el contrario, se observó el máximo número de plántulas en las muestras provenientes de los sitios no rolados. Los efectos del rolado selectivo sobre el banco de semillas dependerán de la especie considerada, del parche de vegetación donde se encuentra, de la historia de uso del potrero y del manejo del pastizal que se realice posteriormente.

PALABRAS CLAVE: región semiárida, cobertura de leñosas, forrajeras, no forrajeras, propágulos

ABSTRACT

Soil seed bank is the main store of propagules available for maintenance, regeneration and perpetuation of the rangeland plant community. The composition and distribution of such reservoir can be changed by the practice of roller-chopping. The objective of this work was to evaluate the effect of selective roller-chopping on the germinable grass seeds bank from a calden forest region. In line with that, collection of soil samples was performed on both roller-chopped and untreated rangeland areas considering for each of them the following sampling sites: (1) patches composed by only herbaceous plants (open vegetation), (2) patches composed by a mix of herbaceous and woody plants (closed vegetation), and (3) patches composed by only woody plants. Composition and density of grasses of the seed reservoir were determined by the method of direct germination or seedling emergence. For forage species found in this survey, a higher density of seedlings was observed in samples from areas under roller-chopping and of open vegetation. Regarding non-forage species, in contrast, the maximum number of seedlings was observed in samples from areas that were not treated by roller-chopping. The effects of selective roller-chopping on soil seed reservoir will depend on the plant species under consideration,

Cómo citar este trabajo:
Ernst R.D., V. Vásquez, D. Estelrich & E. Morici. 2017. El banco de semillas del pastizal en fachinales intervenidos mediante rolado selectivo. *Semiárida Rev. Fac. Agron. UNLPam*. 27(1): 27-39

1 Facultad de Cs.Ex. y Naturales, UNLPam. * gradani@speedy.com.ar
2 Facultad de Agronomía, UNLPam



the characteristics of the vegetation patch, the paddock history of use and the rangeland management after the application of roller-chopping.

KEY WORDS: semiarid region, woody plant cover, forage species, non-forage species, propagules

INTRODUCCIÓN

Los pastizales naturales cubren importantes extensiones en distintas latitudes del mundo y sobre todo en regiones de clima árido y semiárido (Estell *et al.*, 2012; Sala *et al.*, 2013). En Argentina casi el 70% de la superficie se halla cubierta por estas comunidades, extendiéndose desde el norte con pastizales de altura, arbustales con pastizal, bosques xerófitos y húmedos hasta pastizales halófilos, matorrales y estepas arbustivas en la Patagonia (Cabrera, 1976).

Estos ecosistemas son uno de los pocos donde predominan gramíneas y se hallan ubicados en áreas templadas-húmedas en el mundo (Demaría *et al.*, 2008). En la provincia de La Pampa, gran parte de su superficie está cubierta por vegetación natural donde predominan bosques, pastizales y arbustales (Estelrich & Castaldo, 2014). Entre ellos, se destaca el área cubierta por el bosque de caldén o caldenal, donde alrededor del 80% posee pastizales naturales (Viglizzo *et al.*, 2011; Estelrich & Castaldo, 2014). Estos están compuestos por gramíneas de crecimiento invernal que constituyen la principal dieta de herbívoros domésticos (Rabotnikof *et al.*, 2013) siendo la principal actividad en esta región la producción ganadera, específicamente la cría bovina extensiva (Nazar Anchorena, 1988; Roberto *et al.*, 2008; Estelrich & Castaldo, 2014).

Actualmente el bosque de caldén presenta distintos estados de degradación y gran parte de su superficie presenta con alta cobertura de leñosas y material no forrajero (Estelrich *et al.*, 2005). Este proceso de degradación comenzó a principios del siglo XIX con la introducción del ganado doméstico, originalmente ovino y que fue gradualmente reemplazado por el ganado bovino a partir de la década del 70 (Cano *et al.*, 1980). El pastoreo continuo y selectivo al que fueron sometidas estas áreas contribuyó fundamentalmente a la diseminación del caldén y a fuertes cambios en la composición florística de

las comunidades de pastizal, favoreciendo el establecimiento masivo de leñosas y del pajonal en los ecosistemas de la región (Llorens & Frank, 2003; Estelrich *et al.*, 2005). En gran parte de estas áreas, las principales especies forrajeras de estos pastizales como *Poa ligularis*, *Piptochaetium napostaense*, *Nassella clarazii* y *Nassella tenuis* han ido desapareciendo gradualmente, dejando espacios que fueron ocupados por otras especies gramíneas o herbáceas de escaso o nulo valor forrajero como *Nassella tenuissima*, *Jarava ichu*, *Nassella trichotoma*, *Amelichloa brachycaeta* o arbustos como *Condalia microphylla*, *Schinus fasciculatus*, *Lycium gilliesianum* y *Celtis tala* entre otras (Cano, 1988; Llorens & Frank, 1999; Estelrich *et al.*, 2005; Rauber *et al.*, 2014).

Esta dinámica de colonización por parte de las especies no forrajeras (Peláez *et al.*, 2001, Estelrich *et al.*, 2005) contribuyó a la formación de sistemas de muy baja receptividad ganadera (Estelrich & Castaldo, 2014; Rauber *et al.*, 2014) y provocó que la vegetación se distribuya en parches (Maestre & Cortina, 2005; Estelrich *et al.*, 2005; Morici *et al.*, 2009) dominados por gramíneas no forrajeras junto con renuevos de caldén y arbustos.

La prohibición del uso del fuego, la tala indiscriminada, el parcelamiento y alambrado de los campos, las variables climáticas y socioeconómicas, los grandes incendios junto al proceso expansivo de la frontera agropecuaria, contribuyeron a la arbustización y formación de fachinales o bosques con renovales (Dussart *et al.*, 2011; Vásquez *et al.*, 2013).

Las leñosas ejercen una fuerte competencia con las gramíneas mediante la intercepción de lluvias y la interferencia de luz (Adema, 2006), por lo que el control de leñosas induce a una sucesión secundaria del pastizal, mejorando su condición y producción de forraje, siempre que exista en el suelo un banco de semillas viables

de especies forrajeras. Una de las prácticas más utilizadas para el control de leñosas es el rolo selectivo (RS) y el principal objetivo es disminuir la densidad de leñosas y con ello el área sombreada (Adema, 2006, Kunst *et al.*, 2003). Esto permitiría aumentar la oferta forrajera y mejorar las propiedades edáficas a partir de la incorporación de materia orgánica y el ciclado de nutrientes, junto con un mejor acceso y tránsito de los animales. También se crearán las condiciones necesarias de luz, temperatura y espacio para que el banco de semillas del suelo (BSS) sea activado (Morici *et al.*, 2009; Benech-Arnold *et al.*, 2014).

La respuesta de una comunidad vegetal al RS dependerá en gran medida de su composición y estructura previa (Bravo *et al.*, 2003; Estelrich *et al.*, 2005) aunque su restablecimiento en muchos casos depende exclusivamente al banco de semillas. Se entiende como tal a la agrupación de semillas no germinadas que se encuentra en los primeros centímetros del suelo y constituye un componente importante de la dinámica vegetal y una estrategia de supervivencia de las especies a lo largo del tiempo (Thompson & Grime, 1979).

El BSS cumple un rol fundamental en la regeneración, colonización y conservación de áreas que sufrieron drásticos procesos de disturbios (Harper, 1977), en especial, en la mayoría de los ecosistemas áridos y semiáridos del mundo (Soriano, 1990) y donde las especies, en su mayoría, poseen como única vía de propagación la reproducción sexual. Conocer su densidad, distribución, composición y persistencia permitirá predecir la respuesta de una comunidad vegetal a ciertos disturbios, como también su capacidad y tiempo de recuperación (Bertiller, 1996).

Debido a la importancia de los bosques en la región del caldenal, a la necesidad de establecer pautas de manejo sustentables sobre estos sistemas, a que el rolo es una actividad en expansión y a que existe escasa información acerca del impacto de esta práctica sobre el BSS, el objetivo del presente trabajo fue evaluar en un área del bosque de caldén de la provincia de La Pampa, el efecto que produce el

RS sobre el banco de semillas de gramíneas en distintos parches de vegetación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la región del caldenal, sistema ecológico que se ubica en la porción más austral de la Provincia Fitogeográfica del Espinal (Cabrera, 1976), puntualmente en el Establecimiento “Bajo Verde”, Departamento Toay, provincia de La Pampa (NE: Lat. 36°29'18,0" Long. 64°37'03,4"; NO: Lat. 36°29'20,5" Long. 64°37'29,1"; SE: Lat. 36°29'42,4" Long. 64°37'03,7"; SO: Lat. 36°29'42,2" Long. 64°37'28,9", a 235 msnm). La precipitación media anual tiene un valor promedio de 600 mm, distribuidas en primavera y otoño, con inviernos generalmente secos (Casa grande & Conti, 1980).

En la actualidad, en el bosque de caldén, se puede distinguir un estrato arbóreo en el que domina *Prosopis caldenia* Burkart (caldén) acompañado por *Prosopis flexuosa* DC. var *flexuosa* (algarrobo) y *Geoffroea decorticans* (Hook. y Arn.) Burkart (chañar) y un estrato arbustivo, de muy variable composición florística, donde pueden observarse *Condalia microphylla* Cav. (piquillín), *Lycium chilense* Miers (llaollín) y *Ephedra triandra* Tul. em J. H. Hunziker (tramontana), entre otras. En el estrato herbáceo se encuentran especies de porte bajo, generalmente con buen valor forrajero, *Poa ligularis* Nees ex Steud. (unquillo), *Piptochaetium napostaense* (Speg.) Hack. (flechilla negra), *Nassella tenuis* (Phil.) Barkworth (flechilla fina), entre otras y especies de altura intermedia de poco o nulo valor forrajero *Nassella tenuissima* (Trin.) Barkworth (paja), *Jarava ichu* Ruiz and Pav. (paja blanca), *Amelichloa brachychaeta* (Godr.) Arriaga y Barkworth (pasto puna) y *Nassella trichotoma* (Nees) Hack. ex Arechav (paja) (Cano *et al.*, 1980; Llorens & Frank, 1999, Morici *et al.*, 2009).

Selección y descripción de las áreas de muestreo

En un potrero de 200 ha, cubierto por un renoval-fachinal de caldén con una altura de 2,5 y 3 metros y una cobertura de leñosas de entre 50

y 75%, se delimitaron 50 ha que fueron sometidas al RS, dejando el resto del potrero como sitio de control. El rolado fue realizado el 12 de noviembre de 2013 y mediante el raleo realizado se obtuvo un sistema de vegetación de aspecto sabanoide, donde predominaron parches con vegetación graminosa-herbácea e isletas con predominio de leñosas, conformadas por renuevos de caldén y arbustos (Adema *et al.*, 2004; Adema, 2006).

En marzo de 2014, luego de la lluvia de semillas de gramíneas, se seleccionaron dos áreas alejadas de la aguada, una como testigo no rolado y otra rolada. En cada una de estas situaciones se marcaron cuatro parcelas de 100 m² (5 x 20 m) cada una. A su vez, cada parcela, se subdividió en cuatro subparcelas de 25 m² (5 x 5 m), y en cada una tomaron las muestras de suelo para analizar posteriormente el banco de semillas.

Estas muestras fueron colectadas teniendo en cuenta los parches de vegetación existentes, cuya composición florística fue determinada en parcelas de 0,25 m² siguiendo la metodología descrita por Cano (1988). Estos parches fueron seleccionados teniendo en cuenta la composición, cobertura y homogeneidad de la vegetación (Barrows, 1996): parches sin cobertura leñosa o abierta, parches con cobertura de leñosas o cerrados y parches leñosos con material leñoso muerto en superficie. Los primeros, sin presencia de árboles y arbustos, cuentan con un estrato graminoso-herbáceo con predominio de gramíneas forrajeras como: *P. ligularis* acompañado de *P. napostaense*. Los parches cerrados, presentan un estrato graminoso-herbáceo siendo las especies más relevantes gramíneas no forrajeras: *N. trichotoma*, *N. tenuissima* y *J. ichu* y un estrato arbustivo, con predominio de *P. caldenia*, *C. microphylla* y *Schinus johnstonii*. Por último, son considerados como parches leñosos, aquellos formados por material leñoso derribado producto del rolado. Se colectaron dos muestras de suelo en cada subparcela para cada parche de vegetación tanto del área testigo sin rolar (NR) como del área rolada (R), resultando en tratamientos derivados de cinco combinaciones: rolado abierto (Ra), no rolado abierto (NRa), rolado cerrado (Rc), no rolado cerrado (NRc) y

rolado leñoso (Rl).

Extracción de las muestras de suelo y análisis del banco de semillas de gramíneas

Luego de la realización del rolado, en cada una de las subparcelas de los distintos parches de vegetación de los sitios rolado y no rolado, fueron extraídas 2 muestras de suelo al azar (N=160, n=8), por medio de un cilindro metálico de 7 cm de diámetro y 4 cm de altura. Las muestras estuvieron compuestas por los primeros cuatro centímetros del suelo incluido mantillo superficial o broza. Una vez recolectadas se las colocó, por separado, en bolsas de plástico, previamente etiquetadas y acondicionadas para su traslado a invernáculo. De esta forma cada fracción de suelo estuvo compuesta por 154 cm³ totalizando así 308 cm³ de suelo de cada parche, coincidiendo con el volumen recomendado por Roberts (1981), con el cuál se logra detectar la mayoría de las especies presentes en el banco. Las muestras de suelo fueron llevadas a laboratorio, se mantuvieron durante un mes a 5°C y luego se dejaron secar a temperatura ambiente, se tamizaron para eliminar materiales gruesos.

Las muestras de suelo así obtenidas fueron utilizadas para analizar la germinación y emergencia de las semillas presentes. La experiencia se realizó en un invernadero automatizado con un período de luz de 16 horas diarias, a una temperatura aproximada de 10°C por la noche y de 20°C durante el día. Cada muestra, fue depositada y esparcida de manera uniforme en una bandeja plástica de germinación de 11 cm x 15 cm, rotulada para su identificación y perforadas para permitir el drenaje del exceso de agua de riego. A su vez, cada bandeja contenía un sustrato o cama de siembra (arena fina) de aproximadamente 2 cm de espesor, la cual fue esterilizada para evitar la presencia de semillas extrañas a la muestra (Piudo & Cavero, 2005). De esta manera se logró que todas las muestras quedaran expuestas a iguales condiciones de luz, humedad y temperatura, de acuerdo a lo recomendado por Dalling *et al.* (1994), ISTA (2013) y Ernst *et al.* (2015). El riego se aplicó a capacidad de campo con una frecuencia semanal.

Para determinar la composición del banco de semillas de gramíneas, se utilizó el método de

germinación directa de las semillas o de emergencia de plántulas descrito por Roberts (1981), Ernst & Morici (2013) y Ernst *et al.* (2015) el cual se realizó bajo condiciones semicontroladas (Sokal & Rohlf, 1981). Este método de germinación se refiere al componente activo del banco o sea al aporte que tiene el banco en la germinación de sus diseminulos (Mayor, 1996; Acosta & Agüero, 2001).

Una vez producida la germinación de las semillas, se contabilizaron las plántulas que iban emergiendo desde el montaje del ensayo hasta que no se visualizó ninguna germinación de gramíneas. Las plántulas fueron identificadas taxonómicamente con la ayuda de una lupa binocular y luego fueron eliminadas para evitar fenómenos de competencia inter e intraespecífica (Morici *et al.*, 2003). Este procedimiento se realizó durante los dos primeros meses en forma diaria y los últimos meses en forma semanal. Los ejemplares dudosos que no se pudieron identificar y determinar se trasplantaron a macetas, a la espera de su floración y que su clasificación fuera factible.

Mensualmente se desagregaron y removieron los sustratos de las bandejas a fin de evitar compactación y romper la costra superficial para reducir el impedimento físico de la germinación de las semillas y emergencia de las plántulas

(Acosta & Agüero, 2001; Piudo & Cavero, 2005). El tiempo total del ensayo fue de ocho meses donde el control de los primeros seis meses fue diario y los últimos dos semanal. En el último mes de observación y extracción de plántulas las muestras dejaron de ser regadas durante 10 días. Con este tratamiento de sequedad y calor, se buscó lograr las condiciones necesarias para romper la dormancia de la mayor cantidad posible de semillas (Acosta & Agüero, 2001; Haretche & Rodríguez, 2006; Batalla & Benech-Arnold, 2010; Benech-Arnold *et al.*, 2014).

Análisis estadístico

Las diferencias en la cantidad de semillas de gramíneas germinadas para cada especie, entre las situaciones rolado y no rolado, fueron analizadas mediante ANOVA de acuerdo a un diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones, donde la parcela principal es la práctica de manejo realizada con dos niveles: rolado y no rolado. En cada parcela principal se delimitaron al azar sub-parcelas según los parches de vegetación (abierto, cerrado y leñoso). Se utilizó Tukey ($p < 0.05$) para la comparación de medias. Para la totalidad de los análisis estadísticos se utilizó el programa InfoStat versión 2016 (Di Rienzo *et*

Tabla 1. Descripción de las especies de gramíneas halladas en el banco de semillas germinable

Table 1. Description grass species found in the soil reservoir of germinable seeds

Especie	Nombre Vulgar	Calidad Forrajera	Crecimiento	Ciclo de Vida
<i>Briza subaristata</i>	Tembladerilla	F	I	P
<i>Bromus catharticus</i>	Cebadilla	F	I	A
<i>Hordeum stenostachys</i>	Centenillo	F	I	A
<i>Digitaria californica</i>	Pasto plateado	F	E	P
<i>Jarava ichu</i>	Paja blanca	NF	I	P
<i>Nassella tenuissima</i>	Paja	NF	I	P
<i>Nassella trichotoma</i>	Paja tendida	NF	I	P
<i>Piptochaetium napostaense</i>	Flechilla negra	F	I	P
<i>Poa ligularis</i>	Unquillo	F	I	P
<i>Setaria leucopila</i>	Cola de zorro	F	E	P
<i>Sporobolus cryptandrus</i>	Gramilla cuarentona	F	E	P

F: forrajera (forage); NF: no forrajera (non forage); I: invernal (Winter); E: estival (summer); P: perenne (perennial); A: anual (annual).

al., 2016).

RESULTADOS

A partir del muestreo realizado en las áreas roladas y no roladas fueron identificadas un total de 11 especies distintas de gramíneas (Tabla 1), nueve perennes y dos anuales. Entre las perennes, tres son forrajeras invernales (*P. napostaense*, *P. ligularis* y *Briza subaristata* Lam.), tres no forrajeras invernales (*J. ichu*, *N. tenuissima* y *N. trichotoma*) y tres forrajeras estivales (*Setaria leucopila* (Scribn. & Merr.) K. Schum, *Digitaria californica* (Benth) Henrard y *Sporobolus cryptandrus* (Torr.) A. Gray). Entre las anuales se encontraron *Bromus catharticus* Vahl. var. *Rupestris* y *Hordeum stenostachys* Godr. Los individuos de las especies de *H. stenostachys*, *D. californica*, *S. leucopila* y *S. cryptandrus* presentes en algunas muestras de suelo no fueron tenidos en cuenta en los análisis estadísticos debido a su baja presencia en el BSS. La mayoría de las especies halladas en este trabajo coinciden con las encontradas por Mayor (1996), Morici (2006), Ernst *et al.* (2015), quienes analizaron el BSS de gramíneas en distintas áreas del bosque del caldenal.

En un primer análisis, se observa mayor densidad del BSS de las especies forrajeras en las muestras provenientes de las áreas roladas ($p < 0,05$, Fig. 1a). En cuanto a las especies no forrajeras, por el contrario, se observó el máximo número de semillas germinadas en las muestras

provenientes de los sitios no rolados ($p < 0,05$, fig. 1b). En términos generales, la composición del banco de semillas se encuentra estrechamente relacionada con la composición florística de la comunidad vegetal que se encuentra por encima (Estelrich *et al.*, 2005) y, ambos son fuertemente afectados por el manejo al que es sometido el sistema.

Con respecto a las semillas de especies forrajeras halladas en las distintas situaciones, se observó un comportamiento similar entre *P. napostaense* y *P. ligularis*. En el caso de *P. napostaense* (Fig. 2a) se encontró un mayor BSS en los parches abiertos con tratamiento de rolado de 909 semillas.m⁻² en comparación a todos los demás ($p \leq 0,05$). Mientras que para *P. ligularis* (fig. 2b) los parches abiertos y rolados mostraron un BSS con 1932 semillas.m⁻², que solo se diferencia del BSS de los parches cerrados sin rolar ($p < 0,05$). Estos resultados coinciden con los hallados por Kin *et al.* (2004) para un área de caldenal, donde observaron que *P. napostaense* tuvo una menor emergencia, crecimiento y supervivencia probablemente asociado a un mayor sombreado en estos tratamientos, y al haber un menor reclutamiento de plántulas promueva, con el tiempo, menor cobertura de esta especie y, por ende, menor lluvia de semillas e ingreso al BSS. En cuanto a *B. subaristata* (Fig. 2c) se observa un comportamiento opuesto a las forrajeras anteriores, ya que la menor densidad

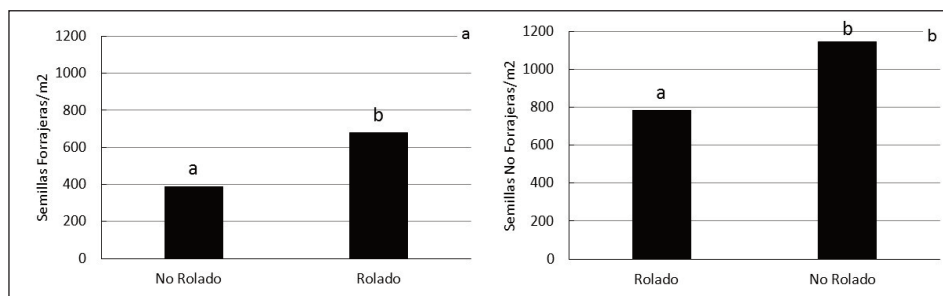


Figura 1. Banco de semillas germinable de especies forrajeras (a) y no forrajeras (b) según los parches de vegetación rolados y no rolados. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) para las especies forrajeras y no forrajeras entre situaciones de rolado y no rolado.

Figure 1. Germinable seed bank of forage (a) and non-forage species (b) in different vegetation patches from both roller-chopped and untreated areas of rangeland. Different letters indicate significant differences ($p < 0.05$) for forage and non-forage species between roller-chopped and untreated rangeland areas.

de plántulas presentes en el BSS fue en los lugares Ra, Rc y Rl con 34, 49 y 52 semillas.m⁻² respectivamente, mientras que la mayor densidad de semillas germinadas se observó en las muestras provenientes de NRc con 584 semillas.m⁻² ($p < 0,05$).

En los lugares Ra se observa que las semillas germinadas de *P. napostaense* se encuentran en mayor densidad (Fig 2a), que podría explicarse por la existencia de menor cantidad de broza (Moscoso Marín & Díez Gómez, 2005). Esto le permite al antecio tomar contacto con el suelo y enterrarse mediante un antopodio punzante y una arista hidroactiva (Rúgolo de Agrasar *et al.*, 2005). De esta manera escapa de los depredadores y fuegos accidentales o naturales (Ernst *et al.*, 2015). Por otra parte, en el caso de *P. ligularis* (Fig. 2b) por tener un antecio liviano y piloso, no penetra en el suelo y es crucial para su germinación que en el lugar tampoco exista broza, para tener un rápido contacto con el suelo, permitir el ingreso de semillas al suelo y así germinar y poder establecerse (Rúgolo de Agrasar *et al.*, 2005). A su vez, *P. napostaense* y *P. ligularis*, al estar presentes en lugares abiertos y disturbados, la mejor calidad de luz junto con la menor interferencia con otras especies vecinas parece inducir su germinación (Bedoya-Patiño *et al.*, 2010) y el establecimiento de ambas especies, lo que explicaría la presencia de una mayor densidad de semillas germinadas en éstas áreas (Distel *et al.*, 1992).

Con respecto a las gramíneas no forrajeras, se observó que en los lugares con presencia de árboles y arbustos existe mayor cantidad de semillas germinadas de *N. tenuissima* y *J. ichu*. La densidad de semillas de *N. tenuissima* (Fig. 2d) fue mayor en NRc con 2337 semillas.m⁻² respecto a Rl y Ra ($p < 0,05$). Para *J. ichu* (fig. 2e) la densidad más alta de semillas germinadas se observó en NRc y Rc con 2322 y 3003 semillas.m⁻², respectivamente, diferenciándose de Ra y Rl donde se registraron los menores valores de germinación de esta especie ($p < 0,05$). Para *N. trichotoma* no se encontraron diferencias entre las situaciones de manejo (Fig. 2f), donde el total de semillas germinadas que se registró fue muy bajo con valores entre 34 y 114 semillas.m⁻² ($p > 0,05$). Estos resultados no concuerdan con los reporta-

dos por Morici (2006), donde en el mismo área del caldenal encontró valores de 3000 semillas.m⁻² para *N. trichotoma*. Estas diferencias observadas según el origen de las muestras de suelo, podrían estar relacionadas con la historia de pastoreo y la acción de los herbívoros sobre los pastizales, ya que pueden afectar la producción de semillas, dispersión y por consiguiente la formación del BSS (Martín, 2014), ya que las plantas forrajeras pastoreadas producen un menor número de semillas (Privitello *et al.*, 2000) provocando una reducción en la colonización de áreas y por consiguiente, un agotamiento del banco (Bertiller, 1996).

Estas diferencias en la composición del banco de semillas entre lugares abiertos y sombreados puede explicarse en gran parte por el pastoreo que afecta la diversidad vegetal a través de modificaciones del balance entre la colonización y extinción localizadas de especies (Loydi & Distel, 2010; Morici *et al.*, 2003; 2009; Rauber *et al.*, 2014; Ernst *et al.*, 2015; Estelrich *et al.*, 2016). A su vez, Estelrich *et al.* (2005) y Morici (2006) observaron que la producción de semillas en los parches no forrajeros es muy superior a la registrada en los parches dominados por especies forrajeras. En este sentido, el incremento en la cobertura de leñosas registrado en los pastizales de la región semiárida central (Dussart *et al.*, 2011; Vázquez *et al.*, 2013), constituye un factor de gran importancia en la composición florística de los pastizales y en consecuencia de la composición del BSS (Estelrich *et al.*, 2005). Los resultados obtenidos en este trabajo coinciden con estas observaciones, ya que *N. tenuissima* y *J. ichu* presentan un banco de semillas más abundante en los lugares donde existe presencia de leñosas, como son Rc y NRc (Fig. 2d y 2e).

El incremento en la cobertura de leñosas, favorece la formación de una densa capa de broza superficial (Estelrich *et al.*, 2005) que incide a su vez, en el establecimiento de semillas en el suelo (Marone *et al.* 1998). De esta manera se van produciendo cambios en la estructura de la comunidad (Haretche & Rodríguez, 2006) y especialmente en el BSS, ya que la dispersión y posición final de muchas semillas, en especial las forrajeras, no resultan ser adecuadas para su

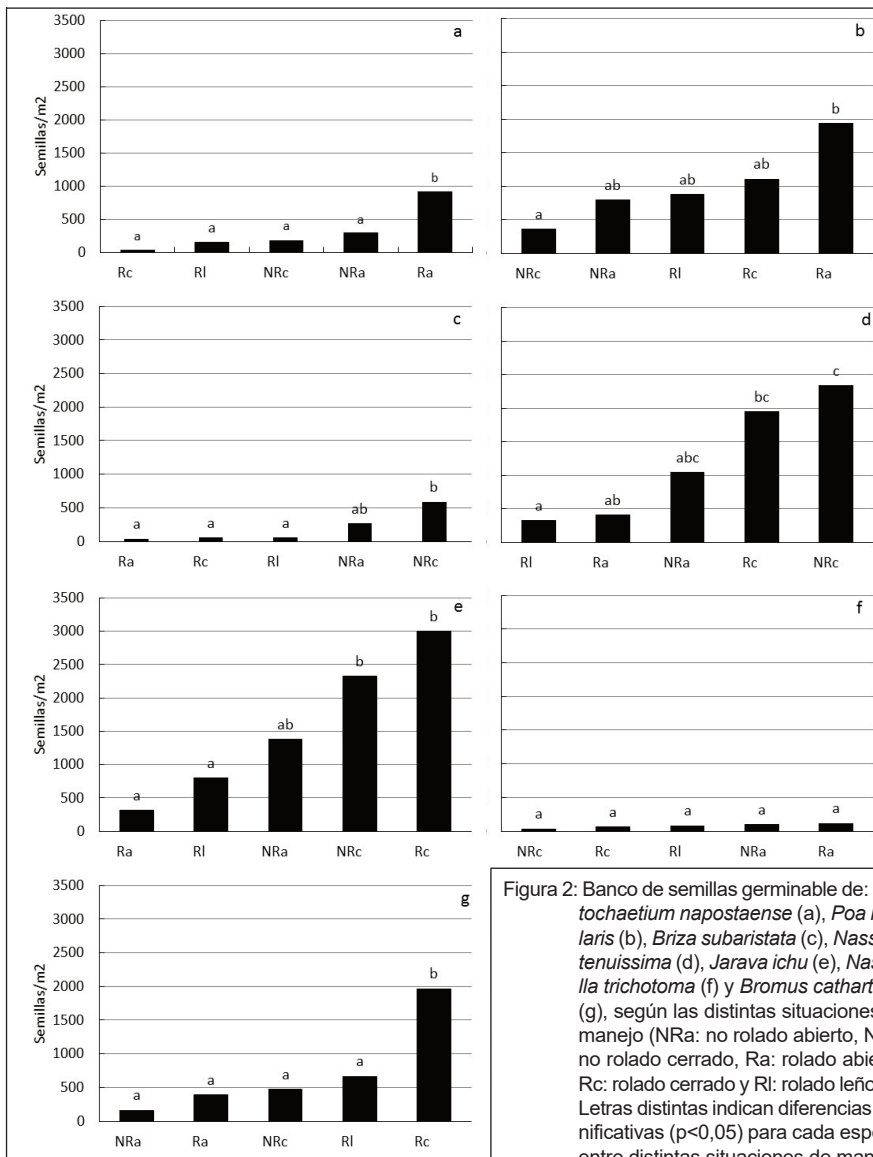


Figura 2: Banco de semillas germinable de: *Piptochaetium napostaense* (a), *Poa ligularis* (b), *Briza subaristata* (c), *Nassella tenuissima* (d), *Jarava ichu* (e), *Nassella trichotoma* (f) y *Bromus catharticus* (g), según las distintas situaciones de manejo (NRa: no rolado abierto, NRc: no rolado cerrado, Ra: rolado abierto, Rc: rolado cerrado y RI: rolado leñoso). Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) para cada especie entre distintas situaciones de manejo.

Figure 2. Germinable seed bank of *Piptochaetium napostaense* (a), *Poa ligularis* (b), *Briza subaristata* (c), *Nassella tenuissima* (d), *Jarava ichu* (e), *Nassella trichotoma* (f) and *Bromus catharticus* (g), considering different conditions of rangeland management (NRa: patches of open vegetation from untreated areas, NRc: patches of closed vegetation from untreated areas, Ra: patches of open vegetation from roller-chopped areas, Rc: patches of closed vegetation from roller-chopped areas and RI: patches of shrubby vegetation from roller-chopped areas). Different letters indicate significant differences ($p < 0.05$) for each species between different conditions of rangeland management.

germinación (Rotundo & Aguiar, 2004).

En el presente trabajo, se puede observar que la mayor cantidad de semillas encontradas provienen de las áreas con mayor cobertura de leñosas (Rc, NRc y NRa), donde a su vez se observa la mayor cantidad de broza (Estelrich *et al.*, 2005). Las gramíneas que dominan estos lugares como *N. tenuissima* (Fig. 2d) y *J. ichu* (Fig. 2e) poseen cariopsis muy livianos y pequeños. La primera posee un antopodio corto y truncado, con su cuerpo densamente vellosos. Mientras que *J. ichu* presenta un antopodio fusiforme, con pelos largos y divergentes en su tercio inferior (Rúgolo de Agrasar *et al.*, 2005) lo que facilita ser interceptadas, retenidas e incorporadas en la broza (Luzuriaga *et al.*, 2005; Benvenuti, 2007).

A su vez, la broza proporciona un sitio seguro y crea las condiciones necesarias para la germinación y establecimiento de nuevas cohortes (Mayor *et al.*, 1999; Loydi *et al.*, 2014). Todas estas características de las semillas de las gramíneas no forrajeras, hacen que también puedan ser transportadas por el viento y el agua (Benvenuti, 2007) lo que explicaría la menor abundancia de estas especies en los parches abiertos y a su vez, facilitaría la colonización de áreas dominadas por especies forrajeras, que en condiciones de pastoreo serían menos competitivas (Loydi *et al.*, 2014). El viento, actúa en la relocalización espacial de semillas ya que su velocidad en lugares abiertos es más alta que en los lugares con cobertura cerrada y gran contenido de broza (Pazos & Bertiller, 2007).

En términos generales, estos resultados concuerdan con los publicados por diferentes autores (Márquez *et al.*, 2002; Haretche & Rodríguez 2006; Loydi *et al.*, 2014) quienes señalan la importancia de la broza y la presencia de árboles como un importante filtro de semillas, al igual que los parches de especies no forrajeras y arbustivas (Mayor *et al.*, 2003). Sin embargo, Busso (1997) señala que la mayor emergencia y supervivencia de plántulas de *N. tenuissima*, *J. ichu*, *P. napostaense* y *N. tenuis* se produce en sitios con mayor proporción de suelo desnudo en comparación con áreas cubiertas por vegetación. Esto sugiere que un cierto grado de disturbio que reduzca la competencia puede también

favorecer el establecimiento de estas especies.

A diferencia de las otras dos gramíneas forrajeras encontradas, *B. subaristata* (Fig. 1c) presenta su mayor densidad de germinación en lugares con presencia de leñosas (NRc) mostrando diferencias con las situaciones luego de producido el rolo ($p < 0.05$). Según Cano (1988) esta especie, en el caldenal, es poco abundante en áreas abiertas o pastoreadas y como su antecio presenta una lema globosa y alada (Rúgolo de Agrasar *et al.*, 2005) puede ser fácilmente transportada por el viento y quedar retenida y depositada en la vegetación arbustiva (Benvenuti, 2007).

La única gramínea anual analizada fue *B. catharticus* (Fig. 2g), que tuvo la mayor cantidad de semillas germinadas en el Rc con 1964 semillas.m⁻², diferenciándose de las otras cuatro situaciones de manejo cuyos valores oscilaron entre 164 y 665 semillas.m⁻² ($p < 0.05$). Es una especie que se la encuentra debajo de los árboles y arbustos, preferentemente debajo de la sombra (Cano, 1988). Como la mayoría de las anuales, se trata de una especie cuyas semillas se encuentran en el suelo a la espera de un estímulo de germinación (Thompson & Grime, 1979). En este caso, podría responder a lluvias estacionales (Casagrande & Conti, 1980). Estas especies forman un BSS numeroso, con un ciclo de vida relativamente corto, tolerantes a hábitats con baja disponibilidad de recursos (Mayor *et al.*, 1999).

Si bien no se esperaban grandes cambios en el banco de semillas debido al corto tiempo entre el rolo y la toma de muestras para su análisis, los resultados obtenidos permiten corroborar aspectos ya conocidos sobre la dinámica de las especies forrajeras y no forrajeras en condiciones de pastoreo en áreas donde la cobertura de leñosas es importante y en otras donde está ausente. Aun cuando sólo trascurrieron seis meses desde el rolo, las nuevas condiciones ambientales generadas podrían producir cambios compositionales a largo plazo de *P. ligularis* y *P. napostaense* existentes en el lugar. Además, la ausencia de pastoreo durante ese período habría resultado en una mayor producción de semillas en las áreas soleadas y menor en las áreas sombreadas. A su vez, la remoción de suelo y mayor humedad lograda por el efecto del rolo (Uhal-

degaray & Rolhauser, 2015) habría contribuido a una mejor distribución y establecimiento de las semillas, ya que gran parte de las especies del pajonal murieron por aplastamiento y descaldado de las plantas y, posiblemente también debido a una brusca exposición a nuevas condiciones de luminosidad y evapotranspiración.

CONCLUSIONES

Los efectos del rolado selectivo sobre el banco de semillas dependerán de la especie considerada, del parche de vegetación donde se encuentra y del manejo del pastizal que se realice posteriormente. De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, se observa que el rolado, al eliminar el material leñoso y aumentar las áreas abiertas podrían favorecer aquellas especies de gramíneas forrajeras en detrimento de las no forrajeras. Esta respuesta diferencial al rolado selectivo, observada en el BSS de gramíneas permitiría manipular la composición vegetal de los pastizales naturales. Es por eso que al haber disminuido notablemente la capacidad de la carga animal en el caldenal, con la consiguiente pérdida de condición de los pastizales, es imperioso incorporar y desarrollar tecnologías que reviertan el estado actual de los pastizales empajados y arbustizados. Una de estas tecnologías es el uso del rolado selectivo, el que tendría como objetivos aumentar el área de pastoreo y dejar como resultado un residuo sobre el suelo, aumentando la humedad y favoreciendo el nacimiento y establecimiento de gramíneas, para lo cual, se tendrá que tener en cuenta el banco de semillas de especies forrajeras, asegurando el uso eficiente y el mantenimiento del mismo con un manejo ganadero acorde a la capacidad del ambiente. Por lo tanto es necesario conocer los mecanismos de respuestas de las distintas especies que componen el pastizal, especialmente las de mayor valor forrajero. Estos resultados son preliminares debiéndose seguir analizando el BSS transcurridas varias temporadas de lluvia de semillas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al INTA Chacharramendi-La Pampa por haber cedido la maquinaria y el operador necesario para la realización del rolado y

haber brindado todo el asesoramiento, tanto administrativo como profesional.

FUENTE DE FINANCIACIÓN

El presente trabajo se llevó a cabo con la financiación del Proyecto de Investigación “Efecto del rolado selectivo y la quema controlada sobre el banco de semillas”. Proyecto N° 037 perteneciente al Departamento de Recursos Naturales de la Facultad de Cs. Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa, llevado a cabo desde el 1 de enero de 2014 hasta la fecha.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta L.W. & R. Agüero. 2001. El banco de propágalos de malezas en el agroecosistema: conocimiento actual y propuesta metodológica para su estudio. *Agron. Mesoam.* 12(2): 141-151.
- Adema E. 2006. Recuperación de pastizales mediante rolado en el Caldenal y en el monte Occidental. Publicación Técnica N° 65. INTA EEA Anguil. La Pampa. 52 p.
- Batalla D. & R.L. Benech-Arnold. 2010. Predicting changes in dormancy level in natural seed soil banks. *Plant Mol. Biol.* 73: 3-13.
- Barrows E.M. 1996. Animal behavior desk reference. CRC Press. USA. 672 p.
- Bedoya-Patiño J.G., J.V. Estévez-Varón & G.J. Castaño-Villa. 2010. Banco de semillas del suelo y su papel en la recuperación de los bosques semiáridos. Boletín Científico de Museos de Historia Natural. 14(2): 77-91.
- Benvenuti S. 2007. Weed seed movement and dispersal strategies in the agricultural environment. *Weed Biol. Manage.* 7: 141-157.
- Benech-Arnold R.L., D. Batlla, A.C. Guglielmini & B.C. Kruk. 2014. Ecología de malezas II: la reanudación del crecimiento y el aumento del área. *En: Malezas e invasoras de la Argentina.* (O.A. Fernández, E.S. Leguizamón & H.A. Acciaresi Eds.). Editorial de la Universidad Nacional del Sur y Red de Editoriales de Universidades Nacionales. pp. 139-169.
- Bertiller M.B. 1996. Grazing effects on sustainable semiarid rangeland in Patagonia: the state and dynamics of the soil seed bank. *Environ. Manage.* 20: 123-132.
- Bravo S., A.M. Giménez, C. Kunst & G. Moglia.

2003. El fuego y las plantas. *En*: Cap. 6. Fuego en los sistemas argentinos. (C. Kunst, S. Bravo & J.L. Panigatti Eds.). INTA. Santiago del Estero. Argentina. pp. 61-70.
- Busso C.A. 1997. Towards an increased and sustainable production in semi-arid rangelands of central Argentina: two decades of research. *J. Arid Environ.* 36: 197-210.
- Cabrera A. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. *En*: Tomo II, Fascículo II. (Eds. Enciclopedia Argentina Agricultura y Ganadería). Acme SACI. Buenos Aires. Argentina.
- Cano E., B. Fernández & M. Montes. 1980. La Vegetación de la Provincia de La Pampa y Carta de Vegetación 1:500000. *En*: Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa. INTA- Provincia de La Pampa- Facultad de Agronomía, UNLPam. 493 p.
- Cano E. 1988. Pastizales Naturales de La Pampa. Tomo I. CREA. 114 p.
- Casagrande G. & H. Conti. 1980. Clima de la Provincia de La Pampa. *En*: Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa. INTA- Provincia de La Pampa- Facultad de Agronomía, UNLPam. 493 p.
- Dalling J., M. Swaine & N. Garwood. 1994. Effect of soil depth on seedling emergence in tropical soil seed-bank investigations. *Funct. Ecol.* 9: 119-121.
- Demaría M.R., I. Aguado Suarez & D.F. Steinauer. 2008. Reemplazo y fragmentación de pastizales pampeanos semiáridos en San Luis. Argentina. *Ecol Austral.* 18: 55-70.
- Di Rienzo J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada & C.W. Robledo. 2016. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, Facultad Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar> (20/05/2015).
- Distel R.A., D.V. Paláez & O.A. Fernández. 1992. Germination of *Piptochaetium napostaense* (Speg.) Hackel and *Stipa tenuis* Phil. And seedling survival under field conditions. *Rangeland J.* 14(1): 4-55.
- Dussart E.G., C.C. Chirino, E. Morici & R.H. Peinetti. 2011. Reconstrucción del paisaje del caldenal pampeano en los últimos 250 años. *Quebracho* 19: 54-65.
- Ernst R. & E. Morici. 2013. Banco de semillas germinable de gramíneas del caldenal. Diferencias pre y post diseminación. *Rev. Fac. Agron. UNLPam.* 22(2): 39-44.
- Ernst R.D., E. Morici, H.D. Estelrich, W.A. Muiño & M.A. Ruiz. 2015. Efecto de la quema controlada sobre el banco de semillas de gramíneas en diferentes parches del bosque de caldén en la región semiárida central Argentina. *Archivos de Zootecnia.* 64(287): 245-254.
- Estelrich H.D., C.C. Chirino, E. Morici & B. Fernandez. 2005. Dinámica de áreas naturales cubiertas por bosque y pastizal en la región semiárida central de Argentina - Modelo Conceptual. *En*: Heterogeneidad de la Vegetación (J. Paruelo, M. Oesterheld & M. Aguiar Eds.). 430 p.
- Estelrich H.D. & A. Castaldo. 2014. Receptividad y carga ganadera en distintas micro regiones de la provincia de La Pampa (Argentina) y su relación con las precipitaciones. *Semiárida Rev. Fac. Agron. UNLPam.* 16: 7-19.
- Estelrich H.D., F. Martin & R.D. Ernst. 2016. Posición de las coronas como mecanismo para tolerar el pastoreo en especies forrajeras del pastizal bajo en la región semiárida central de Argentina. *Arch. de Zootec.* 65(251): 381-388.
- Estell R. E., K. M. Havstad, A. F. Cibils, E. L. Fredrickson, D. M. Anderson, T. S. Schrader & D. K. James. 2012. Increasing shrub use by livestock in a world with less grass. *Range. Ecol. Manage.* 65: 553-562.
- Haretche F. & C. Rodriguez. 2006. Banco de semillas de un pastizal uruguayo bajo diferentes condiciones de pastoreo. *Ecol Austral.* 16: 105-113.
- Harper J.L. 1977. Population biology of plants. Academic Press. London. Cap. 3. pp. 33-111.
- ISTA. 2013. International rules for seed testing. Switzerland: germination Part. 1. Agricultural and vegetable seed. Cap. 5. pp. 32-46.
- Kin A., A. Sosa & M. Mazzola. 2004. Efecto del sombreo y del contenido hídrico del suelo sobre el establecimiento de *Piptochaetium napostaense*. *En*: Actas XXV Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. Santa Rosa La Pampa.
- Kunst C., R. Ledesma, M. Basan Nickish, G. Angella, D. Prieto & J. Godoy. 2003. Rolo de 'fachinales' e infiltración de agua en

- suelo en el Chaco Occidental (Argentina). *RIA* 32 (3): 105-126.
- Llorens E.M. & E.O. Frank. 1999. Aspectos ecológicos del estrato herbáceo del caldenal y estrategias para su manejo. AACREA, Subsecretaría de Asuntos Agrarios-Provincia de La Pampa, INTA E.E.A. Anguil. La Pampa. 81 p.
- Llorens E.M. & E.O. Frank. 2003. El fuego en la provincia de La Pampa. En: Fuego en los ecosistemas argentinos (C. Kunst, S. Bravo & J.L. Panigatti Eds.) INTA. Santiago del Estero, Argentina. pp. 259-268.
- Loydi A. & R.A. Distel. 2010. Diversidad florística bajo diferentes intensidades de pastoreo por grandes herbívoros en pastizales serranos del Sistema de Ventania, Buenos Aires. *Ecol. Austral*. 20: 281-291.
- Loydi A., K. Lohse, A. Otte, T.W. Donath & R. Lutz Eckstein. 2014. Distribution and effects of tree leaf litter on vegetation composition and biomass in a forest-grassland ecotone. *J. Plant Ecol.* 7: 264-275.
- Luzuriaga A.L., A. Escudero, J.M. Olano & J. Liodi. 2005. Regenerative role of seed banks following an intense soil disturbance. *Acta Oecologica*. 26: 141-151.
- Maestre F.T. & J. Cortina. 2005. Remnant shrubs in Mediterranean semiarid steppes, effects of shrub size, abiotic factors and species identity on understorey richness and occurrence. *Acta Oecologica*. 27: 161-169.
- Marone L., B.E. Rossi & M.E. Horno. 1998. Timing and spatial patterning of seed dispersal and redistribution in a South American warm desert. *Plant Ecol.* 137: 143-150.
- Márquez S., G. Funes, M. Cabido & E. Pucheta. 2002. Efectos del pastoreo sobre el banco de semillas germinable y la vegetación establecida en pastizales de montaña del centro de Argentina. *Rev. Chilena Hist. Nat.* 75: 327-337.
- Martín M. 2014. El banco de semillas de gramíneas a diferentes presiones de pastoreo en relación con la distancia a la aguada, en un pastizal de la provincia de La Pampa, Argentina. Tesina de graduación de Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de La Pampa. 43 p.
- Mayor M.D. 1996. Banco de semillas de un pastizal-arbustal natural del sudeste de La Pampa, su variación estacional y la relación con la vegetación existente. Tesis Magister en Producción Vegetal. Universidad Nacional del Sur. 128 p.
- Mayor M.D., R.M. Bóo, D.V. Peláez & O.R. Elía. 1999. Soil seed bank variation with depth in the province of La Pampa, Argentina. *Phyton* 64: 141-148.
- Mayor M.D., R.M. Bóo, D.V. Peláez & O.R. Elía. 2003. Seasonal variation of the soil seed bank of grasses in central Argentina as related to grazing and shrub cover. *J. Arid Environ.* 53: 467-477.
- Morici E., R.D. Ernst, A.G. Kin, H.D. Estelrich, M.B. Mazzola & M.S. Poey. 2003. Efecto del pastoreo en un pastizal semiárido de Argentina según la distancia a la aguada. *Arch. Zootec.* 52: 59-66.
- Morici E. 2006. Efecto de la estructura del pastizal sobre el banco de semillas de gramíneas en el bosque de caldén (*Prosopis caldenia*) de la provincia de La Pampa (Argentina). Tesis Doctoral en ganadería Ecológica. Universidad de Córdoba. España. 143 p.
- Morici E., V. Doménech García, G. Gómez Castro, A. Kin, A.M. Saenz & C.M. Rabotnikof. 2009. Diferencias estructurales entre parches de pastizal del caldenal y su influencia sobre el banco de semillas, en la provincia de La Pampa, Argentina. *Agrociencia* 43: 529-537.
- Moscoso Marín L.B. & M.C. Diez Gómez. 2005. Banco de semillas en un bosque de Roble de la cordillera central Colombiana. *Rev. Fac. Nac. Agron. Colombia* 58(2): 2931-2943.
- Nazar Anchorena J.B. 1988. Manejo de Pastizales naturales de La Pampa. Tomo II. Convenio AACREA – Provincia de La Pampa. 425 p.
- Pazos G.E. & M.B. Bertiller. 2007. Spatial patterns of the germinable soil seed bank of coexisting perennial-grass species in grazed shrublands of the Patagonian Monte. *Plant Ecol.* 198: 111-120.
- Peláez D.V., R.M. Bóo, M.D. Mayor & O.R. Elía. 2001. Effect of fire on perennial grasses in central semiarid Argentina. *J. Range Manage.* 54: 617-621.

- Piudo M.J. & R.Y. Caveró. 2005. Banco de semillas: comparación de metodologías de extracción, de densidad y de profundidad de muestreo. Publicaciones de Biología. Serie Botánica. Universidad de Navarra. 16: 71-85.
- Privitello M.J.L., E.G. Gabutti, R.U. Harrison, R.L. Sager & M.B. Romero. 2000. Efecto de dos intensidades y cuatro frecuencias de corte sobre la productividad, vigor y persistencia de *Piptochaetium napostaense* (Speg.) Haeckel. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 20: 123-127.
- Rabotnikof C.M., A.M. Sáenz, E. Morici & B.C. Lentz, B.C. 2013. Efecto de la quema invernal sobre el valor nutritivo de especies dominantes del pastizal mixto del caldenal en la región semiárida central de Argentina. Universidad Nacional de La Pampa. *Rev. Fac. Agron. UNLPam.* 22: 67-72.
- Rauber R., D. Steinaker, M. Demaría & D. Arroyo. 2014. Factores asociados a la invasión de pajás en bosques de la región semiárida central argentina. *Ecol. Austral.* 24: 320-326.
- Roberto Z., E. Frasier, P. Goyeneche, F. González, F. & E. Adema. 2008. Evolución de la carga animal en la provincia de la Pampa. Publicación Técnica N° 74. INTA EEA Anguil. La Pampa. 55 p.
- Roberts H.A. 1981. Seed banks in soils. In: Coaker, T.H. (ed.). London: Academic Press. *Advance Applied Biol.* 6: 1-55.
- Rotundo J.L. & M.R. Aguiar. 2004. Vertical seed distribution in soil constrains regeneration processes of *Bromus pictus* in Patagonia steppe. *J. Veget. Sci.* 15: 515-522.
- Rúgolo de Agrasar Z.E.; P.E. Steibel & H.O. Troiani. 2005. Manual ilustrado de las gramíneas de la provincia de La Pampa. Universidad Nacional de la Pampa y Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba. 359 p.
- Sala O.E.; L. Vivanco & P. Flouham. 2013. Grassland Ecosystems. Encyclopedia of Biodiversity. 4: 1-7.
- Sokal R.R. & F.J. Rohlf. 1981. Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. WH Freeman & Company. New York. 859 p.
- Soriano A. 1990. Missing strategies for water capture in the Patagonian semi-desert. Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 5:135-139.
- Thompson K. & J.P. Grime. 1979. Seasonal variation in seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *J. Ecol.* 67: 893-921.
- Uhaldegaray A. & M. Rollhauser. 2015. El rolo selectivo y la quema controlada como herramientas para intervenir fachinales, su efecto y duración sobre la estructura vertical y horizontal de la vegetación. Tesina de graduación de la Ingeniería Agronómica. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de La Pampa. 43 p.
- Vázquez P., E. Adema & S. Aimar. 2013. Dinámica de la fenología de la vegetación a partir de series temporales de NDVI de largo plazo en la provincia de La Pampa. *Ecol. Austral.* 23: 77-86.
- Viglizzo E., F. Frank, L. Carreño, E. Jobbaagy, H. Pereyra, J. Clatt, D. Pincen & F. Ricard. 2011. Ecological and environmental footprint of 50 years of agricultural expansion in Argentina. *Global Change Biol.* 17: 959-973.