Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

UNLPam
Universidad Nacional de La Pampa

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Tesis presentada para obtener el grado académico de

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

RESPUESTA DEL BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO A DISTINTAS TÉCNICAS DE MANEJO SOBRE UN PASTIZAL NATURAL DEGRADADO

MARILINA CAMPOS

SANTA ROSA (LA PAMPA) ARGENTINA

2020

PREFACIO

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para obtener el grado académico de Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de La Pampa, y no ha sido presentada previamente en esta Universidad ni en otra institución académica. Se llevó a cabo en el Establecimiento Bajo Verde perteneciente a la Facultad de Agronomía de la UNLPam, durante el período comprendido entre 2018 y 2020, bajo la dirección del MSc Ernst, Ricardo Daniel.

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis Ricardo Ernst, por acompañarme y guiarme durante todo el proceso, por la dedicación constante pese a las condiciones adversas dado el contexto de pandemia.

A la Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Facultad de Agronomía, por brindarme el espacio físico y las facilidades técnicas y económicas para poder desarrollar todas las actividades que fueron necesarias en la elaboración de esta tesis.

A personal de Defensa Civil y de la Estación Experimental INTA-Anguil, por haber organizado y realizado la quema prescripta y rolado selectivo con éxito.

A mi familia y amigos que siempre me acompañaron y apoyaron durante todos los años de mi formación.

……

CAMPOS, Marilina Andrea
10 de diciembre de 2020

Departamento de Recursos Naturales

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

RESUMEN

En Argentina los pastizales naturales cubren más de la mitad de la superficie y se destinan mayormente a uso ganadero. La tala indiscriminada, la introducción del ganado y el cambio en el régimen de los incendios condujeron a cambios en la estructura vegetal convirtiendo al pastizal natural en un bosque degradado de *Prosopis caldenia*. La modificación de la composición botánica del ecosistema produjo un incremento de las especies graminosas no preferidas y de las leñosas, generando como consecuencia parches heterogéneos de vegetación. El banco de semillas del suelo (BSS) cumple un papel fundamental en la recuperación de áreas disturbadas ya que representa el potencial regenerativo de las comunidades vegetales. El objetivo de este trabajo fue analizar la respuesta del banco de semillas germinable en un área arbustizada en la eco región del Espinal, luego de la realización de un rolado selectivo, una quema prescripta y la combinación de ambas. Se tomaron muestras de suelo en las distintas intervenciones teniendo en cuenta los parches de vegetación existente: parches sin cobertura de leñosas (abiertos) y parches con cobertura de herbáceas y leñosas (cerrados). Para determinar densidad y composición del BSS se utilizó el método de germinación directa o de emergencia de plántulas. Las plántulas emergidas se clasificaron en gramíneas forrajeras perennes (GFP), gramíneas no forrajeras perennes (GNFP) y gramíneas y dicotiledóneas anuales (GA+DA). Se observó una alta emergencia de GFP en los parches de vegetación abiertos luego del rolado selectivo, y las especies más representativas de este grupo fueron *Poa ligularis* y *Piptochaetium napostaense*. Las semillas germinadas de GNFP prevalecieron en los parches de vegetación cerrados del rolado selectivo y la combinación de este con la quema controlada, y las especies más frecuentes fueron *Jarava ichu* y *Nassella tenuissima*. Las GA+DA predominaron en los parches cerrados de la quema controlada y del testigo, y las especies más frecuentes fueron *Heterotheca subaxillaris* y *Phalaris angusta*. Los efectos de las distintas intervenciones realizadas sobre BSS dependerá de la especie considerada, los parches de vegetación donde se encuentren y del manejo del pastizal que se realice posteriormente.

***Palabras clave*:** propágulos; restauración; parches de vegetación; cobertura de leñosas

ABSTRACT

In Argentina, natural grasslands cover more than half of the surface and are used mainly for livestock use. Indiscriminate logging, the introduction of livestock and the change in the fire regime led to changes in the plant structure turning the natural pasture into a degraded *Prosopis caldenia* forest. The modification of the botanical composition of the ecosystem produced an increase in non-preferred grass species and woody species, generating as a consequence heterogeneous patches of vegetation. The soil seed bank (SSB) plays a fundamental role in the recovery of disturbed areas as it represents the regenerative potential of plant communities. The objective of this work was to analyze the response of the germinable seed bank in a shrubby area in the Espinal ecoregion, after carrying out a selective rolling, a prescribed burning and a combination of both. Soil samples were taken in the different interventions taking into account the existing vegetation patches: patches without woody cover (open) and patches with herbaceous and woody cover (closed). To determine density and composition of the SSB, the method of direct germination or seedling emergence was used. The emerged seedlings were classified into perennial forage grasses (PFG), perennial non-forage grasses (PNFG), and annual grasses and dicotyledons (AG+AD). A high emergence of PFG was observed in the open vegetation patches after selective rolling and the most representative species of this group were *Poa ligularis* and *Piptochaetium napostaense*. The germinated seeds of PNFG prevailed in the closed vegetation patches of the selective rolling and the combination of this with the controlled burning and the most frequent species were *Jarava ichu* and *Nassella tenuissima*. The AG+AD predominated in the closed patches of the controlled burning and the control and the most frequent species were *Heterotheca subaxillaris* and *Phalaris angusta*. The effects of the different interventions carried out on SSB will depend on the species considered, the patches of vegetation where they are found and the management of the pasture that is carried out later.

***Key word*:** propagules; restoration; vegetation patches; woody cover

ÍNDICE

PREFACIO 2
AGRADECIMIENTOS 2
RESUMEN 3
ABSTRACT 4
INTRODUCCIÓN 6
MATERIALES Y MÉTODOS 10
Área de estudio y caracterización general de la región 10
Metodologías y técnicas 12
Selección de las áreas para los distintos tratamientos 12
Rolado selectivo 13
Quema prescripta 14
Obtención de muestras 15
Trabajo en invernáculo 16
Análisis estadístico 19
RESULTADOS 20
Caracterización general de las principales especies en el banco de semillas 22
Gramíneas Forrajeras Perennes 22
Gramíneas No Forrajeras Perennes 26
Gramíneas y Dicotiledóneas Anuales 29
Análisis del Banco de Semillas Germinable 33
Gramíneas forrajeras perennes 36
Gramíneas no forrajeras perennes 38
Gramíneas anuales 40
Dicotiledóneas anuales 41
DISCUSIÓN 44
CONCLUSIONES 49
BIBLIOGRAFÍA 50

INTRODUCCIÓN

Los pastizales naturales son aquellas áreas que por razones de limitaciones físicas tales como temperaturas extremadamente bajas, precipitaciones reducidas o erráticas, topografía accidentada, suelos pobremente drenados, salitrosos, arenosos, infértiles y/o poco profundos no se adecuan a los actuales métodos de cultivo y constituyen una fuente de forraje basada en plantas nativas para los animales domésticos o silvestres y que además pueden ser aprovechadas como productoras de madera, leña, carbón o como recurso recreativo (Stoddart *et al*, 1975). Cubren importantes extensiones del mundo, principalmente en aquellas de climas árido y semiárido. En Argentina, cubren cerca del 70% de la superficie y la componen distintos tipos (Cabrera, 1976), desde pastizales bajos y psammófilos, bosque de *Prosopis* con pastizal, hasta arbustales y matorrales con pastizal (Cano *et al*, 1980); y se destinan a uso exclusivo ganadero, ya sea cría vacuna, ovinos y/o caprinos (Estelrich *et al*, 2005; Estelrich & Castaldo, 2014).

La provincia de La Pampa presenta un 70% de su territorio cubierto por pastizales naturales (Nazar Anchorena, 1988; Frank *et al*, 1998), los que están comprendidos entre las isohietas de 580 mm al Este y 200 mm al Oeste. Dicha superficie incluye los ecosistemas del Monte Occidental y el Caldenal (Roberto & Martínez Uncal, 2012).

Actualmente el ecosistema del Caldenal o la eco-región del Espinal presenta una estructura vegetal de bosque cerrado (conocido como "fachinal") de *Prosopis caldenia* (caldén) en áreas, que décadas atrás, se encontraban ocupadas por pastizal de alto valor forrajero. Este pastizal natural se convirtió en un bosque degradado a partir de la tala indiscriminada de caldén y la introducción del ganado doméstico, el cual transportó en su sistema digestivo semillas de chaucha de caldén que fueron diseminadas sobre tierras limpias de pastizal (Viglizzo & Jobbágy, 2010). A su vez, la acción selectiva del forraje mediante pastoreo continuo y el cambio en el régimen de los incendios, condujeron a una importante modificación de la composición botánica del ecosistema, produciendo un incremento en las especies graminosas no preferidas (*Nassella tenuissima, Jarava ichu, Nassella trichotoma, Amelichloa brachycaeta*) y las especies leñosas (*Prosopis caldenia, Condalia microphylla, Schinus fasciculatus, Lycium gilliesianum,* entre otras), en detrimento de las preferidas o forrajeras (*Piptochaetium napostaense, Poa ligularis, Nassella tenuis*) (Anderson, 1979; Estelrich *et al*, 1997). La acción selectiva del forraje también

genera parches no pastoreados y otros sobrepastoreados (Bailey *et al*, 1996). Esto genera una distribución en mosaicos de vegetación, donde luego los animales continúan pastoreando las especies deseables y por lo tanto estos sitios son ampliados y dominados por especies de menor valor forrajero (Kellner y Bosch, 1992) y leñosas. Los parches en el paisaje son enriquecidos por un proceso de captura de recursos, básicamente una transferencia de las zonas pobres de escurrimiento ("run-off" o áreas fuentes) en el paisaje, a zonas ricas ("run-on" o áreas sumidero) (Noy-Meir, 1981), acumulando de esta manera nutrientes y también semillas (Aguiar & Sala, 1999; Schlesinger & Pilmanis, 1998) debajo de la canopia.

El reemplazo de las especies no forrajeras por las forrajeras, significó una acumulación de gran volumen de material de fácil combustión incrementándose así la severidad de los fuegos naturales (Debano *et al*, 1998; Whelan, 1995). Como consecuencia de ello, la mayoría de estas áreas se transformaron en ecosistemas de muy baja receptividad ganadera (Estelrich *et al*, 1985; Estelrich & Cano, 1985; Viglizzo, 1994; Molinero, 1990).

Este nuevo estado del ecosistema influye en forma negativa sobre la sustentabilidad ecológica y económica del sistema productivo (Kunst *et al*, 2003), además de los cambios producidos en la diversidad y en la riqueza florística (Patón *et al*, 1995; Morici *et al*, 2003).

Existen distintas estrategias para controlar, mitigar o revertir los efectos de la degradación de un sitio. La restauración, busca recuperar el ecosistema original; la rehabilitación, con la cual se recuperan algunos elementos funcionales y estructurales del ecosistema de origen; y el saneamiento o reclamación, donde se trata de generar un nuevo ecosistema diferente al original y es aplicable a sitios severamente degradados (Martínez, 1996). La regeneración del bosque es un proceso dinámico que incluye distintas etapas, desde la floración hasta la instalación y supervivencia de plántulas, y cuyo éxito final depende de distintos factores bióticos y abióticos que inciden en cada etapa del proceso (Pulido y Díaz, 2005; Martínez Pastur *et al*, 2008), pudiendo variar temporal y espacialmente. Entre ellos se encuentran los factores biológicos, edáficos, microclimáticos, competencia inter e intra específica, banco de semillas del suelo (BSS) y manejo del mismo (Olivares, 1989; Patón *et al*, 1995). El banco de semillas del suelo en particular cumple un papel fundamental en la recuperación de áreas que sufrieron drásticos procesos de disturbio (De Souza *et al*, 2006), ya que representa el potencial regenerativo de las comunidades vegetales (Henderson *et al*, 1988). Las semillas que lo constituyen forman una

población con “memoria” de las condiciones selectivas que predominaron en el pasado, así como las condiciones más recientes (Baker, 1989). Al respecto, Cook (1980) sostiene que la presencia de semillas en cantidad y variedad en un área específica resulta dependiente de la historia de la cobertura de la vegetación de ese lugar y de la edad de la vegetación. Sucesivas investigaciones han demostrado estrecha relación entre el banco de semillas del suelo y la dinámica poblacional de las especies (Milberg, 1992; Boccanelli & Lewis 1994; Mayor, 1996; Bekker *et al*, 1998; Favreto *et al*., 2000). Es por ello que el conjunto de semillas depositadas en el suelo o broza, enterradas o no, sumado a las estructuras vegetativas, aseguran la perpetuidad de la mayoría de las especies que constituyen la diversidad florística (De Souza *et al*, 2006).

Dentro de las prácticas de manejo que se realizan en la región para la recuperación o rehabilitación de pastizales degradados, se encuentran la quema prescripta y el rolado selectivo. La primera, se refiere al uso científico del fuego bajo condiciones definidas y controladas con el fin de cumplir objetivos de manejo específicos (Wright & Bailey, 1982); requiere de condiciones ambientales apropiadas de humedad relativa, velocidad del viento y temperatura del aire para su implementación (Sipowicz, 1994). La utilización racional del fuego ha mostrado que puede ser una valiosa herramienta para renovar pasturas establecidas, así como para la implantación de nuevos pastizales. Puede reciclar nutrientes inmovilizados en plantas maduras, estimular nuevos rebrotes, reducir los peligros de los incendios espontáneos, incrementar la producción ganadera (Kucera, 1982; Ohlenbush, 1990) y crear las condiciones necesarias de luz y espacio para que el banco de semillas del suelo sea activado (Morici *et al*, 2009; Benech-Arnold *et al*, 2014; Ernst *et al*, 2015).

El rolado selectivo consiste en el pasaje de un cilindro de metal lastrado con agua, traccionado por tractor o topadora, que aplasta y fragmenta el material leñoso y deja en pie a aquellos individuos arbóreos de mayor diámetro, permitiendo de esta manera, disminuir la densidad de leñosas y el área sombreada, aumentar la oferta de forraje, la broza en el suelo, la incorporación de materia orgánica y el ciclado de nutrientes, la infiltración del agua, humedad y aireación del suelo y el acceso y tránsito de los animales. Además, crea las condiciones necesarias de luz, temperatura y espacio para que el banco de semillas del suelo sea activado (Morici *et al*, 2009; Benech-Arnold *et al*, 2014) y germinen las especies deseables (Ernst *et al*, 2017).

El control mecánico de las leñosas y el uso de la quema prescripta inducen a una sucesión secundaria del pastizal con el consecuente mejoramiento de su condición y producción de forraje, siempre que exista un banco de semillas viables de las especies deseables en el suelo (Hill y Rice, 1963; Martin y Morton, 1993; Sturges, 1993), por lo que el BSS resulta una estrategia de perpetuación de las especies vegetales (De Souza *et al*, 2006). Es por ello que en esta tesina de grado se aplicaron distintas técnicas de manejo para modificar la composición y densidad del banco de semillas de especies forrajeras y con ello recuperar los pastizales naturales disturbados.

El objetivos de este trabajo fue evaluar el comportamiento y composición del banco de semillas del suelo según la aplicación de distintas técnicas de manejo (quema prescripta, rolado selectivo y la combinación de ambas) en un fachinal de *P. caldenia* e identificar, cuantificar y determinar diferencias del BSS teniendo en cuenta cada tratamiento de estudio y parches de vegetación abiertos y cerrados en cada uno de ellos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y caracterización general de la región

El establecimiento seleccionado para este estudio se ubica en la región del Caldenal de la provincia de La Pampa. Este sistema ecológico se encuentra en la porción más austral de la Provincia Fitogeográfica del Espinal (Fig. 1) y ocupa una superficie de 169333 km^2, equivalente al 55% de la superficie total de la región del Espinal (Cabrera, 1976).

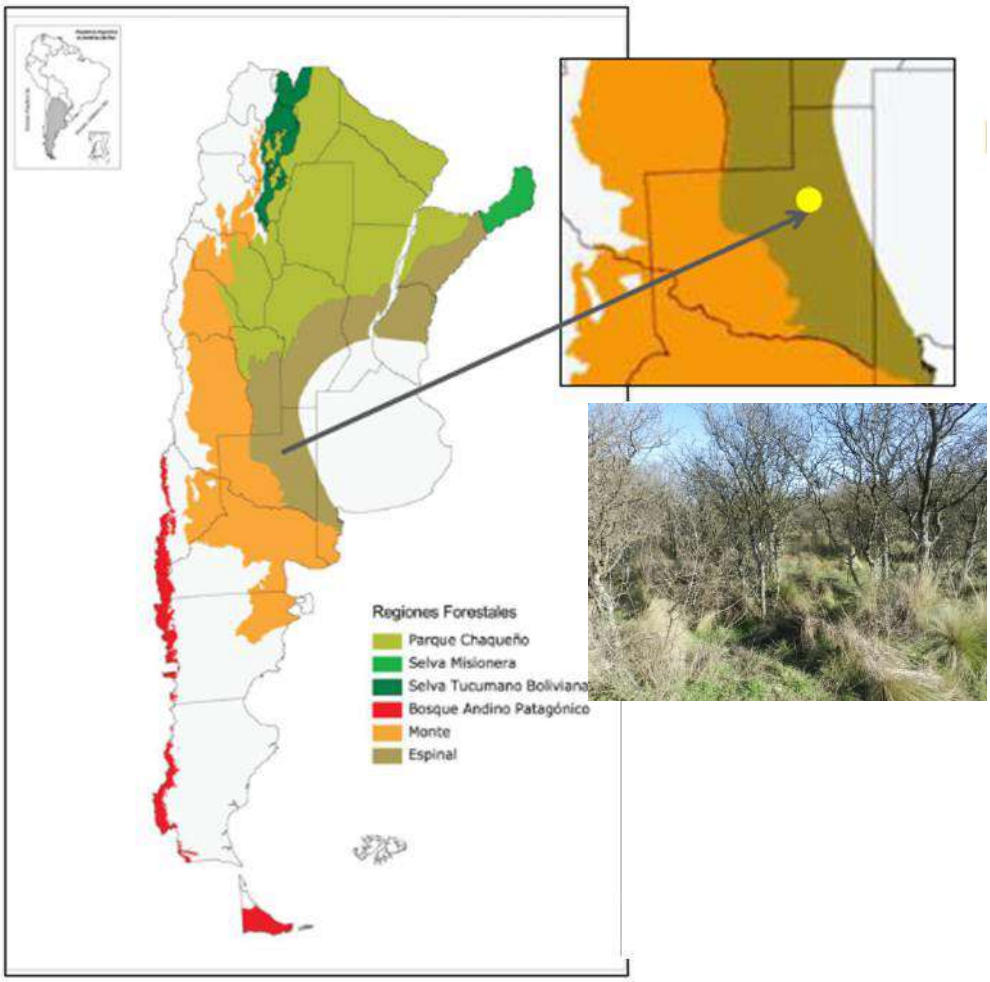

Figura 1: Ubicación fitogeográfica del área de estudio. Distrito del Caldenal. Establecimiento Bajo Verde.

En la provincia de La Pampa el bosque de Caldén se ubica entre las isohietas de 350 y 580 mm. Se encuentra fundamentalmente en las depresiones y valles transversales, en suelo de tipo franco arenoso fino profundo. Está orientado en el Norte de la provincia, de SW a NE y en el Sur se agrupan en forma de abanico orientados de E a SW (Cano *et al*, 1980). Su clima es semiárido templado. La temperatura media del mes más frío (julio) es 7,3°C y del mes más cálido (enero) de 23°C, con temperaturas extremas (44°C Máx. absoluta y -16°C Mín. absoluta). El período medio libre de heladas es aproximadamente de 200 días. La precipitación anual promedio es de 500 mm, con un déficit hídrico de 200 mm, con una distribución de las precipitaciones altamente variable dentro y entre años. La dirección de los vientos más frecuente es de N-NE y S-SW, con una velocidad promedio de 10 km/h (Cano *et al*, 1980). Los suelos pertenecen en su mayoría a los órdenes taxonómicos Molisoles (Haplustol) en el sector oriental, Entisoles (Ustipsamentes) en el sector occidental y Aridisoles en áreas reducidas (Cano *et al*, 1980).

El área de estudio se encuentra ubicada en el Establecimiento "Bajo Verde" (Fig. 1), Departamento Toay, provincia de La Pampa (36° 28' 48'' S, 64° 35' 03'' O, a 235 msnm), propiedad de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa, localizada aproximadamente a unos 35 km al NO de la ciudad de Santa Rosa. Cuenta con una superficie de 1964 ha, y la principal actividad económica es la cría-recría de ganado bovino (Ernst y Morici, 2013).

En la actualidad, el bosque de caldén cuenta con un estrato arbóreo dominado por *P. caldenia* Burkart, acompañado por *Prosopis flexuosa* DC. Var. flexuosa "algarrobo" y *Geoffroea decortican* (Hook. and Arn.) Burkart "chañar"; y un estrato arbustivo de muy variable composición florística, existiendo *C. microphylla* Cav. "piquillín", *L. chilenses* Miers "llaollín" y *Ephedra triandra* Tul. em J. H. Hunziker "tramontana", entre otras. En el estrato herbáceo se pueden encontrar especies de porte bajo, generalmente con buen valor forrajero, *P. ligularis* Nees ex Steud. "unquillo", *P. napostaense* (Speg.) Hack. "flechilla negra", *N. tenuis* (Phil.) Barkworth "flechilla fina", entre otras y especies de altura intermedia de poco o nulo valor forrajero *N. tenuissima* (Trin.) Barkworth "paja", *J. ichu* Ruiz and Pav. "paja blanca", *A. brachychaeta* (Godr.) Arriaga and Barkworth "pasto puna" y *N. trichotoma* (Nees) Hack. ex Arechav "paja" (Cano, 1988; Llorens y Frank, 1999, Morici *et al*, 2009).

Metodologías y técnicas

Selección de las áreas para los distintos tratamientos

Dentro del establecimiento Bajo Verde el potrero seleccionado presenta una superficie de 200 ha, cubierto por un renoval-fachinal de caldén, con una altura variable de 1 a 3 metros y una cobertura de leñosas de entre 75 y 100%. En el mismo, se sometieron 50 ha a un rolado selectivo, 100 ha a una quema prescripta, quedando 50 hectáreas remanentes de testigo. De esta manera, se obtuvieron cuatro tratamientos o situaciones de fachinal (Fig. 2): sin intervenir o testigo (T), rolado selectivo (RS), quema controlada (QC) y rolado selectivo + quema controlada (RS+QC). En cada una de ellas se estudió la respuesta del banco de semillas del suelo.

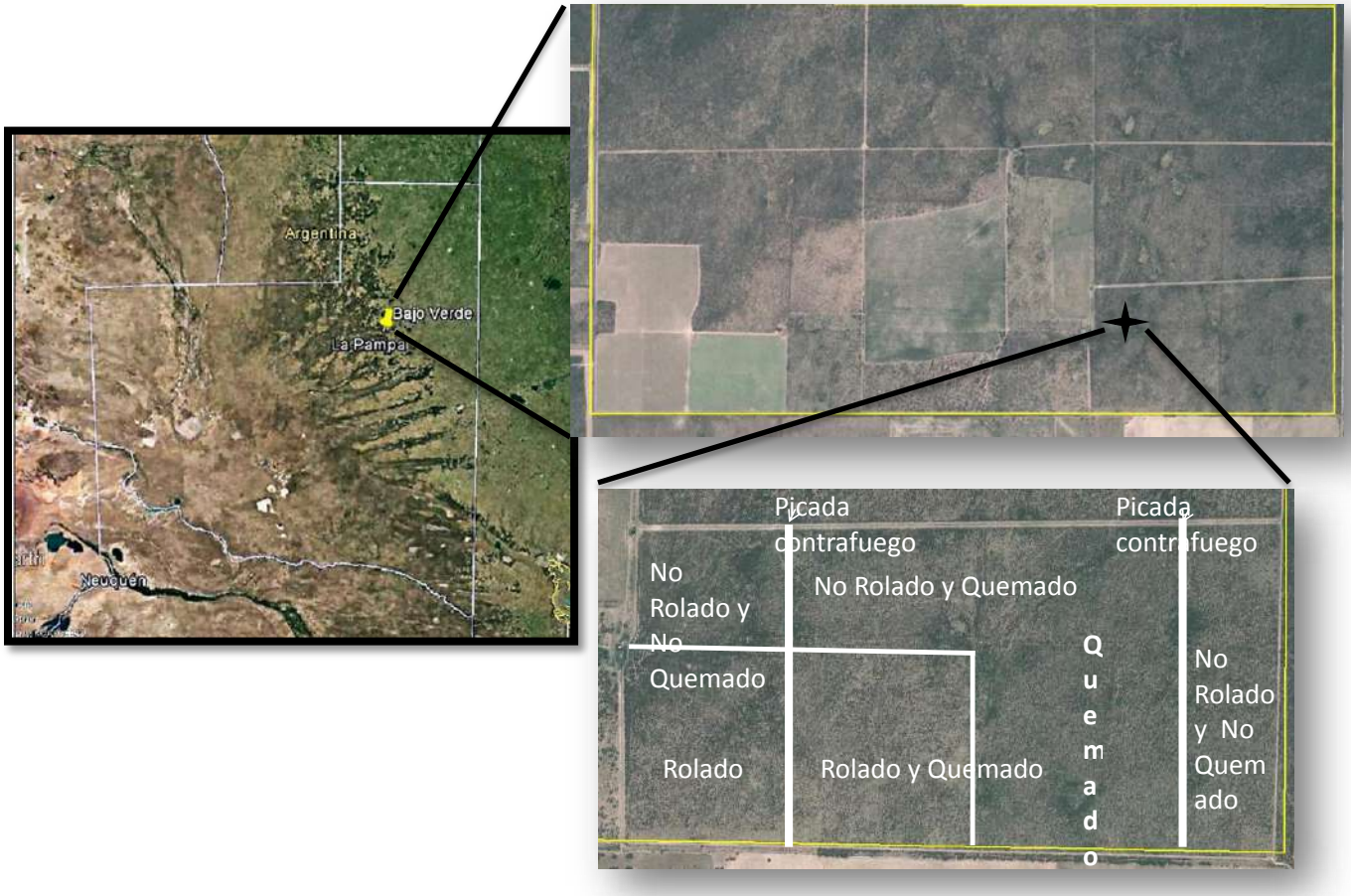

Figura 2: Ubicación satelital y tratamientos aplicados en el área de estudio.

Rolado selectivo

El rolado selectivo fue realizado el 12 de noviembre de 2013 por personal especializado de la EEA INTA-Anguil, La Pampa. Esta actividad fue autorizada por la Dirección de Recursos Naturales de la provincia de La Pampa como práctica experimental.

El rolo utilizado fue un cilindro de metal con un diámetro de 1,10 m y un ancho de labor de 2,4 m (Fig. 3), con cuchillas afiladas dispuestas en forma paralela entre sí y al eje del mismo con un cierto ángulo de ataque positivo a favor del sentido de giro del rolo, de manera tal, que pudieran penetrar en el suelo a unos 10 a 20 cm de profundidad, trozando y fragmentando el material leñoso. El rolo fue arrastrado por un tractor de 150 HP que estaba debidamente protegido en su frente por una pala con un enrejado de malla metálica, con el fin de que el operario pudiera visualizar la tarea y que no existiera daño para el tractor. Los neumáticos también tenían protección con una malla de hierro para evitar posibles pinchaduras. El rolo vacío pesa 2500 kg y tiene en su interior tres compartimentos que se pueden llenar con agua para adquirir un peso total de 8500 kg, los que son necesarios según la bibliografía (Kunst *et al*, 2003; Adema, 2006; Blanco *et al*, 2013), para realizar rolados en el caldenal.

La forma de iniciar el rolado selectivo fue atravesando el potrero con el rolo y haciendo callejones para poder maniobrar con facilidad e ir preservando los individuos arbóreos con un diámetro de tronco a la altura de pecho (DAP) superior a 10 cm y a las especies arbustivas con más de 2 m de altura.

Figura 3: Tractor y rolo cortador utilizados en la práctica experimental.

Quema prescripta

La quema prescripta fue realizada el 15 de abril de 2015, por personal especializado de Defensa Civil perteneciente al Ministerio de Gobierno, Seguridad y Justicia de la provincia de La Pampa. Las condiciones climáticas durante la quema fueron: 25°C de temperatura ambiente promedio, 25% de humedad relativa del aire y vientos del NE oscilando entre 6 y 20 km/h; estas condiciones coinciden con las recomendaciones para efectuar quemas prescriptas realizadas por Sipowicz (1994) y Llorens (2013). La forma de realizar la quema fue inicialmente en contra del viento para finalizarla a favor del mismo (Nazar Anchorena, 1990). Se tomaron todos los recaudos para evitar su propagación hacia campos linderos.

Previo a la realización de la quema se retiraron los animales del pastoreo una estación de crecimiento antes (12 meses) de ejecutar la actividad, con el objetivo de acumular biomasa combustible en forma homogénea, para que el fuego se pueda propagar horizontalmente sin ninguna dificultad y sin dañar las copas de los árboles y arbustos.

Figura 4: Quema prescripta realizada como práctica experimental.

Obtención de muestras

Luego de la realización de las intervenciones y de la diseminación natural de las semillas se colectaron las muestras a principios de marzo del año 2018. Para la obtención de las mismas en cada intervención se recolectaron 20 muestras de suelo, de las cuales 10 provenían de áreas con presencia de árboles y arbustos (parches de vegetación cerrados) y 10 muestras de suelo de áreas sin presencia de árboles y arbustos (parches de vegetación abiertos). De esta manera se obtuvieron como resultado un total de 80 muestras (20 muestras de suelo: 10 en parches cerrados y 10 en parches abiertos x 4 tratamientos; n=20; N=80): testigo abierto (Ta) y testigo cerrado (Tc); rolado selectivo abierto (RSa) y rolado selectivo cerrado (RSc); quema controlada abierto (QCa) y quema controlada cerrado (QCc), rolado selectivo + quema controlada abierto (RS+Qa) y rolado selectivo + quema controlada cerrado (RS+QCc).

Las muestras se colectaron por medio de un cilindro metálico de 7 cm de diámetro y 4 cm de altura (Fig. 5), que presenta un borde biselado el cual le permite sacar muestras sin disturbarlas (Etchepare y Bocanelli, 2007; Ernst *et al*., 2015). Las mismas se recolectaron en los primeros 4

cm de suelo, ya que aproximadamente el 80% de las semillas se encuentran en los primeros 2 cm de suelo (Marone *et al*, 1998). Cada fracción de suelo, compuesta por 154 cm^3, fue colocada en bolsas de plástico previamente etiquetadas y acondicionadas para su traslado. Las muestras, de esta manera, se llevaron al laboratorio donde se mantuvieron durante un mes a 5°C para romper la dormancia que pudieran presentar las semillas. Posteriormente, se dejaron secar a temperatura ambiente, hasta que fue posible su tamizado, donde se extrajeron fragmentos pequeños de plantas, insectos y heces. Así, se redujeron el tamaño de las muestras de suelo, quedando preparadas para ser puestas a germinar en el invernáculo.

Figura 5: Cilindro metálico utilizado para la obtención de muestras de suelo.

Trabajo en invernáculo

El análisis del banco de semillas del suelo se llevó a cabo en un invernáculo automatizado de la Facultad de Agronomía, perteneciente a la Universidad Nacional de La Pampa, cuyas características son: serie Pol. Ca630 de 6 m de ancho por 12 m de largo (Fig. 6). El trabajo se llevó a cabo desde marzo a noviembre de 2018 y se utilizó el método de germinación, que se basa en la emergencia de plántulas y que puede realizarse en condiciones controladas (Piudo & Cavero, 2005; Ernst *et al*, 2015).

Figura 6: Invernáculo automatizado de la Facultad de Agronomía, UNLPam, utilizado para la germinación de las muestras de suelo obtenidas a campo.

Las muestras fueron depositadas y esparcidas de manera uniforme en bandejas plásticas de germinación de 11 cm x 15 cm, las que fueron rotuladas para su identificación y perforadas previamente para permitir la percolación del agua de riego. Además, cada bandeja contenía un sustrato o cama de siembra (arena fina) de aproximadamente 2 cm de espesor, la cual fue esterilizada para evitar que germinen semillas extrañas a la muestra (Fig. 7). La función de este sustrato fue brindar soporte y retención de humedad de las muestras, así también como brindar las mismas oportunidades de germinación y enraizamiento de todas las semillas allí depositadas (Piudo & Cavero, 2005). De esta manera, quedaron todas las muestras expuestas a las mismas condiciones de luz, humedad y temperatura.

Figura 7: Preparación de camas de siembra (izquierda) y distribución y etiquetado de las muestras en cada bandeja de germinación (derecha).

El riego se realizó por primera vez a capacidad de campo, con un rociador que simula el efecto de lluvia, para evitar encharcamiento y desplazamiento de sedimentos. Luego se irrigaron las bandejas semanalmente según lo requerido por el material y una vez producida la germinación de las semillas, se contabilizaron las plántulas y se identificaron taxonómicamente con la ayuda de lupa binocular, pinza, aguja histológica y bibliografía (Fig. 8).

Figura 8: Lupa binocular utilizada para la identificación de las plántulas germinadas.

Las plántulas se extrajeron tan pronto como fue posible para evitar fenómenos de competencia entre las especies y favorecer la germinación del resto de las semillas (Ferrandis *et al*, 1999, 2001 y 2001a). También se procedió a "escarificar" cuando fue necesario, esto fue, remover la superficie de suelo de cada bandeja con un tenedor para evitar que la misma se compactara y se dificultara la germinación de las semillas.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron con ANOVA en un diseño de parcelas divididas con dos repeticiones, donde la parcela principal fue la práctica de manejo (tratamiento) y las sub-parcelas los parches de vegetación abiertos y cerrados. Para las diferencias entre las medias se utilizó el test de Tukey. Estos análisis se realizaron a un nivel de confianza de 0,05.

Para determinar la existencia de algún tipo de agrupamiento de las muestras en función de la composición del banco de semillas del suelo y si este agrupamiento estaba correlacionado con los tratamientos y los parches de vegetación, se realizó un ACP (Análisis de Componentes Principales) a partir de la matriz de covarianza de los datos de densidad de las especies presentes en el BSS.

RESULTADOS

Se identificaron un total de 34 especies en el banco de semillas del suelo germinable, de las cuales 6 fueron gramíneas forrajeras perennes (GFP), 3 gramíneas no forrajeras perennes (GNFP), 3 gramíneas anuales (GA) y 22 dicotiledóneas anuales (DA) (Tabla 1).

La densidad total del BSS fue de 329227 plántulas/m^2. El grupo de gramíneas forrajeras presentó una densidad total de 55210 plántulas/m^2, las gramíneas no forrajeras un total de 56184 plántulas/m^2, mientras que las gramíneas anuales 79912 plántulas/m^2 y las dicotiledóneas anuales 137920 plántulas/m^2 (Tabla 1).

Tabla 1: Densidad (plántulas/m^2) (D) y frecuencia (%) (F) de las especies presentes en el banco de semillas del suelo en los distintos tratamientos y parches de vegetación abiertos (A) y cerrados (C).

G.E	ESPECIES	ROLADO				QUEMADO				ROLADO+QUEMADO				TESTIGO				TOTAL
		D		F		D		F		D		F		D		F		
		A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	
GFP	*Briza subaristata*	1157,9	947,4	50	40	0	26,32	0	10	0	815,79	0	50	0	0	0	0	2947,41
	Digitaria californica	26,32	0	10	0	0	0	0	0	26,32	26,32	10	10	0	26,32	0	10	105,28
	Piptochaetium napostaense	1868,4	78,95	90	30	1052,6	0	100	0	1526,3	210,53	70	40	184,21	26,32	30	10	4947,36
	Poa ligularis	22368	1421	100	70	11158	3473,7	90	50	4868,4	1052,63	100	90	2184,2	473,68	40	30	46999,52
	Setaria leucopila	105,26	26,32	20	10	0	26,32	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	157,9
	Sporobolus cryptandrus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52,63	0	20	0	0	0	0	52,63
	TOTAL GFP	25526	2473,7			12211	3526,3			6421,1	2157,9			2368,4	526,32			**55210,1**
GNFP	*Jarava ichu*	3289,5	15553	100	100	947,37	3079	60	100	1210,5	10579	100	80	1368,4	2078,95	80	90	38105,72
	Nassella tenuissima	2473,7	5289	90	100	0	421,05	0	60	1473,7	5157,89	70	100	105,26	289,47	20	50	15210,05
	Nassella trichotoma	605,26	552,6	60	50	0	0	0	0	1289,5	342,11	50	50	78,95	0	20	0	2868,39
	TOTAL GNFP	6368,5	21395			947,37	3500			3973,7	16079			1552,6	2368,42			**56184,16**
GA	*Bromus catharticus*	1132	2018	60	90	3816	4737	90	90	1526	1316	90	60	552,6	4921	80	100	20018,6
	Hordeum stenostachys	0	0	0	0	210,5	473,7	20	50	0	52,63	0	20	368,4	368,4	30	40	1473,63
	Phalaris angusta	289,5	894,7	30	50	1605	32842	50	90	0	236,8	0	40	3026	19526	100	100	58420
	TOTAL GA	1421,5	2912,7			5631,5	38053			1526	1605,43			3947	24815,4			**79912,23**
DA	*Aphanes parodii*	78,95	0	10	0	736,8	131,6	60	10	157,9	0	30	0	5868	0	70	0	6973,25
	Bowlesia incana	26,32	131,6	10	20	52,63	710,5	10	50	131,6	0	10	0	157,9	236,8	40	30	1447,35
	Cardus thoermeri	26,32	105,3	10	40	0	0	0	0	52,63	263,2	20	30	131,6	0	20	0	579,05
	Cerastium glomeratum	5158	4737	90	90	868,4	2289	70	70	1421	5026	60	80	815,8	526,3	60	50	20841,5
	Chenopodium album	842,1	2132	60	100	1579	2579	90	90	763,2	3053	80	100	684,2	3184	90	100	14816,5
	Ciclospermum leptophyllum	78,95	0	10	0	0	157,9	0	20	26,32	26,32	10	10	0	0	0	0	289,49
	Conyza blakei	0	263,2	0	10	0	0	0	0	0	868,4	0	20	0	0	0	0	1131,6
	Daucus pucillus	1237	263,2	80	50	131,6	157,9	40	10	1526	368,4	100	50	500	763,2	60	50	4947,3
	Descurainea argentina	289,5	657,9	30	70	0	3447	0	90	184,2	1816	40	70	1447	3184	70	70	11025,6
	Facelis retusa	0	0	0	0	0	0	0	0	78,95	0	30	0	0	0	0	0	78,95
	Gamochaeta subfalcata	4237	3605	100	60	78,95	1895	20	50	2184	2421	70	80	605,3	1421	40	70	16447,25
	Geranium molle	0	0	0	0	0	210,5	0	20	0	26,32	0	10	210,5	105,3	20	30	552,62
	Gnaphalium gaudichaudianum	210,5	105,3	20	20	0	131,6	0	10	184,2	0	20	0	315,8	526,3	20	30	1473,7
	Heterotheca subaxillaris	5395	6763	100	90	184,2	2553	50	90	2447	6184	90	90	605,3	1895	60	70	26026,5
	Lamnium amplexicaule	26,32	0	10	0	0	0	0	0	289,5	0	20	0	0	0	0	0	315,82
	Medicago minima	105,3	0	20	0	0	78,95	0	10	684,2	78,95	50	20	0	0	0	0	947,4
	Oenothera parodiana	0	0	0	0	0	0	0	0	26,32	0	10	0	0	52,63	0	10	78,95
	Parietaria debilis	578,9	4500	50	50	289,5	8553	40	100	394,7	2447	40	80	631,6	1447	40	40	18841,7
	Plantago patagonica	1053	26,32	50	10	973,7	0	90	0	1263	263,2	80	50	105,3	0	20	0	3684,52
	Salsola kali	2316	26,32	60	10	1711	52,63	70	10	2289	368,4	90	30	184,2	26,32	40	10	6973,87
	Sonchus oleraceus	0	0	0	0	26,32	0	10	0	0	0	0	0	210,5	0	30	0	236,82
	Stukertiella peregrina	26,32	52,63	10	20	26,32	0	10	0	0	0	0	0	0	105,3	0	20	210,57
	TOTAL DA	21685	23369			6658	22948			14104	23210,2			12473	13473,2			**137920,31**
																	TOTAL BSS	**329226,8**

Con respecto a la frecuencia, las especies que más se observaron en las GFP fueron *P. ligularis* y *P. napostaense*, en el grupo de las GNFP las más frecuentes fueron *J. ichu* y *N. tenuissima*, en las GA fueron *Bromus catharticus* y *Phalaris angusta*, mientras que en las DA la mayor representatividad estuvo dada por las especies *Cerastium glomeratum*, *Chenopodium album*, *Heterotheca subaxillaris*, *Parietaria debilis* y *Salsola kali* (Tabla 1).

Caracterización general de las principales especies en el banco de semillas

A continuación se describen brevemente las especies que más representatividad tuvieron en la determinación del banco de semillas del suelo:

Gramíneas Forrajeras Perennes

- ***Piptochaetium napostaense* (flechilla negra)**

Descripción: gramínea baja, cespitosa. Perenne, invernal. Altura de 0,30 a 0,70 m. Cañas erectas, frágiles, numerosas. Vainas glabras. Lígula pequeña, escotada (1 mm). Láminas filiformes, de 10-20 cm de largo. Inflorescencias en panojas laxas, péndulas, de 10-15 cm de largo. Glumas lanceoladas. Antecios cilíndricos glabros, castaño-oscuros, casi negros. Aristas de 7-10 cm.

Fenofases: rebrota en marzo-abril, vegeta en invierno, florece en noviembre, fructifica en diciembre, se disemina rápidamente y entra en reposo.

Preferencia: muy apetecida.

Valor forrajero: bueno, produce muy buena cantidad de forraje.

Manejo: muy importante en los campos naturales de La Pampa. Provee forraje desde otoño hasta primavera. Pasado éste, comienza su encañazón y floración-fructificación que se extiende hasta diciembre. Es una especie que responde bien a los incendios o fuegos controlados de verano (Cano, 1988; Rúgolo de Agrazar *et al*., 2005).

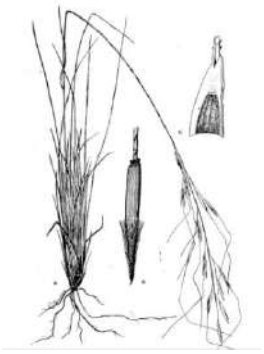

Figura 9: Imagen de individuo adulto y cariopsis germinado de *Piptochaetium napostaense*.

- ***Poa ligularis* (unquillo)**

Descripción: gramínea baja, cespitosa. Perenne, invernal. Altura de 0,30 a 0,70 m. Cañas finas, con 3-4 nudos. Hojas en su mayoría basales. Vainas blanquecinas en su parte inferior. Lígula de 5-10 mm, aguda, membranosa, que se desgarra. Inflorescencias en panojas, densas en forma de espiga. Plantas masculinas y femeninas.

Fenofases: rebrota en marzo-abril, vegeta en invierno, florece a mediados de octubre, fructifica y disemina a fines de primavera y principios de verano.

Preferencia: muy apetecida durante todo el año.

Valor forrajero: muy bueno. Produce gran cantidad de forraje de calidad.

Manejo: se la considera una especie decreciente por no resistir un sobreuso continuo a lo largo de los años. Su presencia en los potreros indicaría un pastoreo racional y cierta estabilidad en la comunidad pastizal (Cano, 1988; Rugolo de Agrazar *et al*., 2005).

Figura 10: Imagen de individuo adulto y cariopsis germinado de *Poa ligularis*.

- ***Chascolytrum subaristatum* (tembladerilla)**

Descripción: gramínea cespitosa, perenne, invernal. Altura de 0,30 a 0,80 m. Cañas erguidas, gráciles, péndulas durante la fructificación. Vainas glabras, lígula membranosa, asimétrica en las hojas superiores. Inflorescencia en panojas laxas, espiguillas plurifloras, algo globosas.

Fenofases: rebrota en otoño. Florece a fines de primavera, principios de verano. Fructifica en verano. En algunos casos florece más tardíamente.

Preferencia: apetecida. El ganado vacuno la come en estado vegetativo.

Valor forrajero: bueno. Buen volumen de forraje.

Manejo: especie poco abundante en áreas pastoreadas, tiene buena resiembra natural, pues sus semillas poseen buen poder germinativo (Cano, 1988; Rúgolo de Agrazar *et al*., 2005).

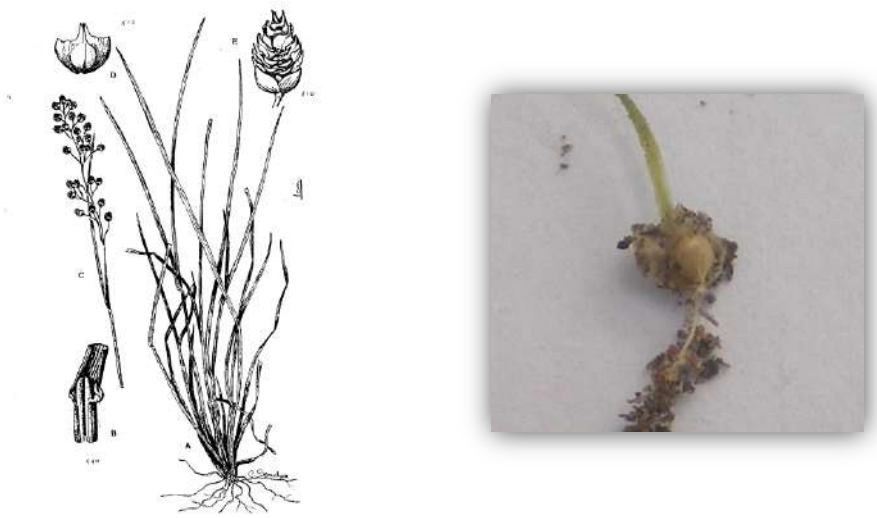

Figura 11: Imagen de individuo adulto y cariopsis germinado de *Chascolytrum subaristatum*.

- ***Digitaria californica* (pasto plateado)**

Descripción: gramínea erecta, cespitosa, cortamente rizomatosa. Perenne, estival. Altura de 0,30 a 0,80 m. Cañas delgadas, erectas, ramificadas, con 4-5 nudos. Vainas con o sin pelos. Lígula membranosa, triangular. Inflorescencias en panojas de 5-9 cm de largo. Espiguillas muy pubescentes, blanco plateadas.

Fenofases: rebrota en primavera, comienza a florecer a principios de verano y termina en otoño. La fructificación es larga y simultánea con la floración. Reposa en invierno.

Preferencia: muy apetecida por el ganado. Es palatable durante todo el año.

Valor forrajero: bueno. Produce buen volumen de forraje. Como diferida tiene valor para ganado de bajos requerimientos en invierno.

Manejo: es una especie que responde bien a las lluvias de primavera. El descanso de verano permite su vigorización y diseminación natural. Incrementa su número y participación después de fuegos de verano en áreas de caldén (Cano, 1988; Rúgolo de Agrazar *et al*., 2005).

Figura 12: Imagen de individuo adulto y cariopsis germinado de *Digitaria californica*.

Gramíneas No Forrajeras Perennes

- ***Nassella tenuissima* (paja)**

Descripción: gramínea cespitosa, perenne, invernal. Altura de 0,60 a 0,90 m. Cañas erectas, gráciles, glabras, simples. Vainas glabras, ásperas, pajizas. Lígula membranosa, entera, de 2-3 mm de largo. Inflorescencias en panojas algo péndulas, multifloras.

Fenofases: rebrota en otoño, florece en noviembre, fructifica en diciembre-enero.

Preferencia: no apetecida, sólo lo es cuando rebrota después de un fuego. A veces aparece despuntada cuando no hay otro forraje más palatable.

Valor forrajero: pasto duro, con alto contenido de fibra.

Manejo: su abundancia en un área indica mal uso del campo natural. Es fácilmente erradicada con aradas. El fuego la daña bastante aunque no la elimina del todo (Cano, 1988; Rúgolo de Agrazar *et al*., 2005).

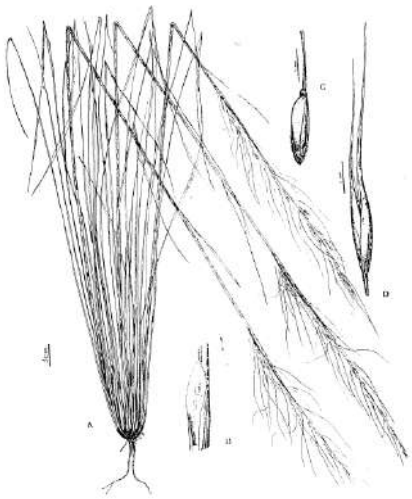

Figura 13: Imagen de individuo adulto y cariopsis germinado de *Nassella tenuissima*.

- ***Nassella trichotoma***

Descripción: gramínea cespitosa. Forma matas grandes. Perenne, invernal. Altura de 0,60 a 1 m. Cañas finas, frágiles con 2-4 nudos pubescentes, cubiertos por las vainas. Vainas glabras, pajizas. Lígula membranosa. Láminas filiformes, ásperas, rectas o flexuosas, atenuadas hacia el ápice, no punzantes, de 15-20 cm de largo. Inflorescencias en panojas laxas, péndulas, con pocas flores. Espiguillas con glumas lanceoladas. Antecio de 2 mm.

Fenofases: vegeta en invierno, florece y fructifica a fines de primavera, principios de verano.

Preferencia: no apetecida. A veces despuntada cuando no hay otro forraje.

Valor forrajero: malo.

Manejo: su abundancia en las áreas indica sobreuso continuo anterior. El daño provocado por el fuego no la elimina completamente (Cano, 1988; Rúgolo de Agrazar *et al*., 2005).

Figura 14: Imagen de individuo adulto y cariopsis germinado de *Nassella trichotoma*.

- ***Jarava ichu* (paja blanca)**

Descripción: gramínea cespitosa. Perenne, invernal. Altura de 0,60 a 1 m. Cañas delgadas, erguidas, ásperas, pilosas o glabras, con 2 o 3 nudos, no cubiertas por las vainas. Vainas pajizas, glabras, con asperezas. Lígula breve, con 2 o 3 pelitos a sus costados. Inflorescencias en panojas erectas o algo péndulas, largas (8-30 cm), plateadas, multifloras. Antecio en forma de uso, sin corona, con pelos divergentes formando una especie de papus.

Fenofases: rebrota en otoño, inicia la floración en forma aislada en agosto o septiembre. El máximo de la floración es a finales de primavera, principios de verano. Fructifica paralelamente.

Preferencia: no apetecida. Despuntada cuando no hay otro tipo de forraje. Sus rebrotes después de un fuego son comidos por el ganado.

Valor forrajero malo. Tiene alto contenido de fibra.

Manejo: especie indeseable del pastizal, su abundancia indica sobreuso en años anteriores. Sufre daños con las quemas recurrentes de verano (Cano, 1988; Rúgolo de Agrazar *et al*., 2005).

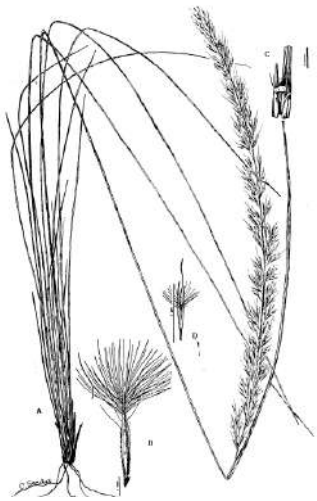

Figura 15: Imagen de individuo adulto y cariopsis germinado de *Jarava ichu*.

Gramíneas y Dicotiledóneas Anuales

- ***Phalaris angusta* (alpistillo)**

Descripción: gramínea grácil de ambientes húmedos. Anual, estival. Altura de 0,60 a 1,30 m. Cañas glabras, débiles, con 4-5 nudos. Láminas planas, glabras, de 20-30 cm de largo. Lígula membranosa. Inflorescencia en panoja cilíndrica, compactas. Glumas con tres nervios marcados.

Fenofases: se implanta en invierno, florece y fructifica a fines de primavera y principios de verano.

Preferencia: apetecida por el ganado.

Valor forrajero: se estima bueno.

Manejo: se debe utilizar antes de su floración. Se seca con los intensos calores de verano (Cano, 1988; Rúgolo de Agrazar *et al*., 2005).

Figura 16: Imagen de individuo adulto y cariopsis de *Phalaris angusta*.

- ***Hordeum stenostachys* (centenillo)**

Descripción: gramínea cespitosa, baja. Perenne, invernal. Altura de 0,30 a 0,80 m. Cañas numerosas, gráciles, finas con 4 o 5 nudos. Vainas con estrías, glabras o pubescentes. Lígulas membranosas truncadas. Láminas verde glauco, la cara superior finamente surcada, la inferior es brillante. Inflorescencias en espigas erectas, densas, delgadas, desarticulándose a la madurez desde el ápice.

Fenofases: rebrota en otoño, florece y fructifica a fines de primavera y principios de verano. Se seca en pleno verano.

Preferencia: poco apetecida. El ganado la despunta cuando no hay otro forraje. Sus hojas tienen sabor amargo.

Valor forrajero: escaso.

Manejo: esta especie fue introducida en Europa con la lana de oveja de Latinoamérica (Cano, 1988; Rúgolo de Agrazar *et al*., 2005).

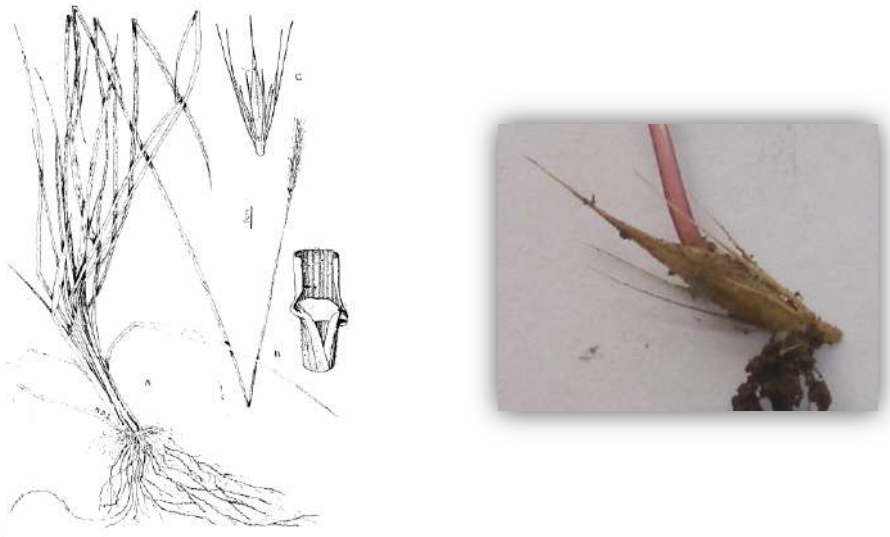

Figura 17: Imagen de individuo adulto y cariopsis germinado de *Hordeum stenostachys*.

- ***Heterotheca subaxillaris* (falso alcanfor)**

Descripción: hierba anual, hirsuta, aromática, con tallos erectos y ramosos en la mitad superior, de 40 a 140 cm de altura. Hojas basales de 4 a 7 cm de longitud y 3 a 5 cm de ancho, en rosetas, ovadas, cortamente pecioladas con el margen serrado y la base truncada. Capítulos radiados, dispuestos en una cima corimbiforme amplia. Flores amarillas dimorfas, las marginales liguladas y pistiladas, y las del disco, tubulosas y hermafroditas. Aquenios comprimidos dimorfos.

Fenofase: emergencia otoñal hasta primaveral, vegetación inverno-primaveral y floración estival hasta otoñal.

Importancia: especie originaria de Estados Unidos de Norte América, adventicia en el centro de Argentina. Muy frecuente en sitios arenosos de la región, donde suele ser la especie dominante en banquinas de caminos. Invade el pastizal natural, las pasturas de pasto llorón y alfalfa (Atlas de Malezas, INTA).

Figura 18: Imagen de individuo adulto y plántula de *Heterotheca subaxillaris*.

- ***Cerastium glomeratum* (falso capiquí)**

Descripción: hierba anual, glandulosa-pubescente, con tallos tendidos o ascendentes, hirsutos, de 10 a 30 cm de altura. Hojas opuestas, las inferiores obovado-espatuladas, de hasta 15 a 25 mm. Brácteas herbáceas ovadas, agudas, largamente ciliadas. Flores en cimas dicotómicas, pedicelos más cortos que el cáliz. Semillas muy numerosas.

Fenofases: de emergencia otoñal, vegetación invernal y floración primaveral temprana.

Importancia: especie originaria de las regiones templadas y subtropicales de Europa, adventicia en Chile y Argentina. Muy frecuente como especie ruderal y maleza en cultivos de invierno (Atlas de Malezas, INTA).

Figura 19: Imagen de individuo adulto de *Cerastium glomeratum*.

Análisis del Banco de Semillas Germinable

El comportamiento del BSS fue diferente en cada grupo de especies según los distintos tratamientos y los parches de vegetación abiertos y cerrados.

La densidad de gramíneas forrajeras perennes se vio favorecida ante el tratamiento rolado selectivo (RS), el cual mostró diferencias significativas con el tratamiento rolado selectivo más quema controlada (RS+QC) y testigo (T) ($p<0,05$). Los parches de vegetación abiertos mostraron la mayor densidad de plántulas/m^2 de este grupo de especies, principalmente en el rolado selectivo abierto (RSa), el cual no mostró ser significativamente diferente a aquellos parches de vegetación abiertos en los que se aplicó la quema prescripta (QCa) (Fig. 20).

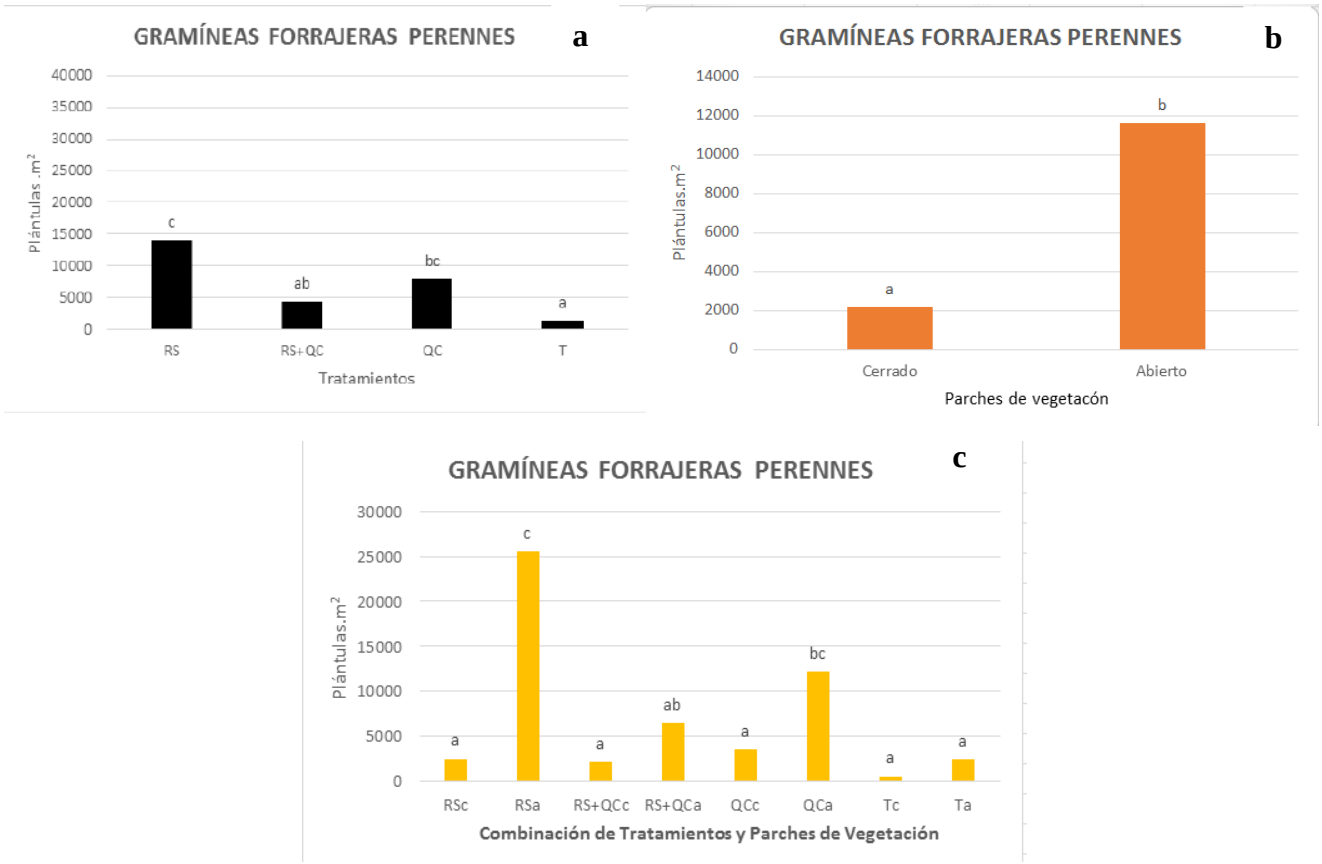

Figura 20: Densidad total (plántulas/m^2) de especies de gramíneas forrajeras perennes encontradas en el BSS germinable para los distintos tratamientos realizados (a), parches de vegetación abiertos y cerrados (b) y la combinación de tratamientos con parches de vegetación abiertos y cerrados (c). Letras distintas indican diferencias significativas ($p<0,05$). RS: rolado selectivo, RS+QC: rolado selectivo + quema controlada, QC: quema controlada, T: testigo; RSc: rolado selectivo cerrado, RSa: rolado selectivo abierto, RS+QCc: rolado selectivo + quemado cerrado, RS+QCa: rolado selectivo + quemado abierto, QCc: quemado cerrado, QCa: quemado abierto, Tc: testigo cerrado, Ta: testigo abierto.

El grupo de GNFP presentó una alta densidad de especies ante la aplicación de los tratamientos rolado selectivo (RS) y la combinación de este con la quema controlada (RS+QC), no existiendo diferencias significativas entre estos dos ($p>0,05$). A su vez, los parches de vegetación cerrados fueron los que presentaron la mayor densidad de plántulas, principalmente el rolado selectivo cerrado (RSc), con valor medio de 21395 plántulas/m^2 y la combinación de este con la quema controlada (RS+QCc), el que mostró un valor medio de 16079 plántulas/m^2 (Fig. 21).

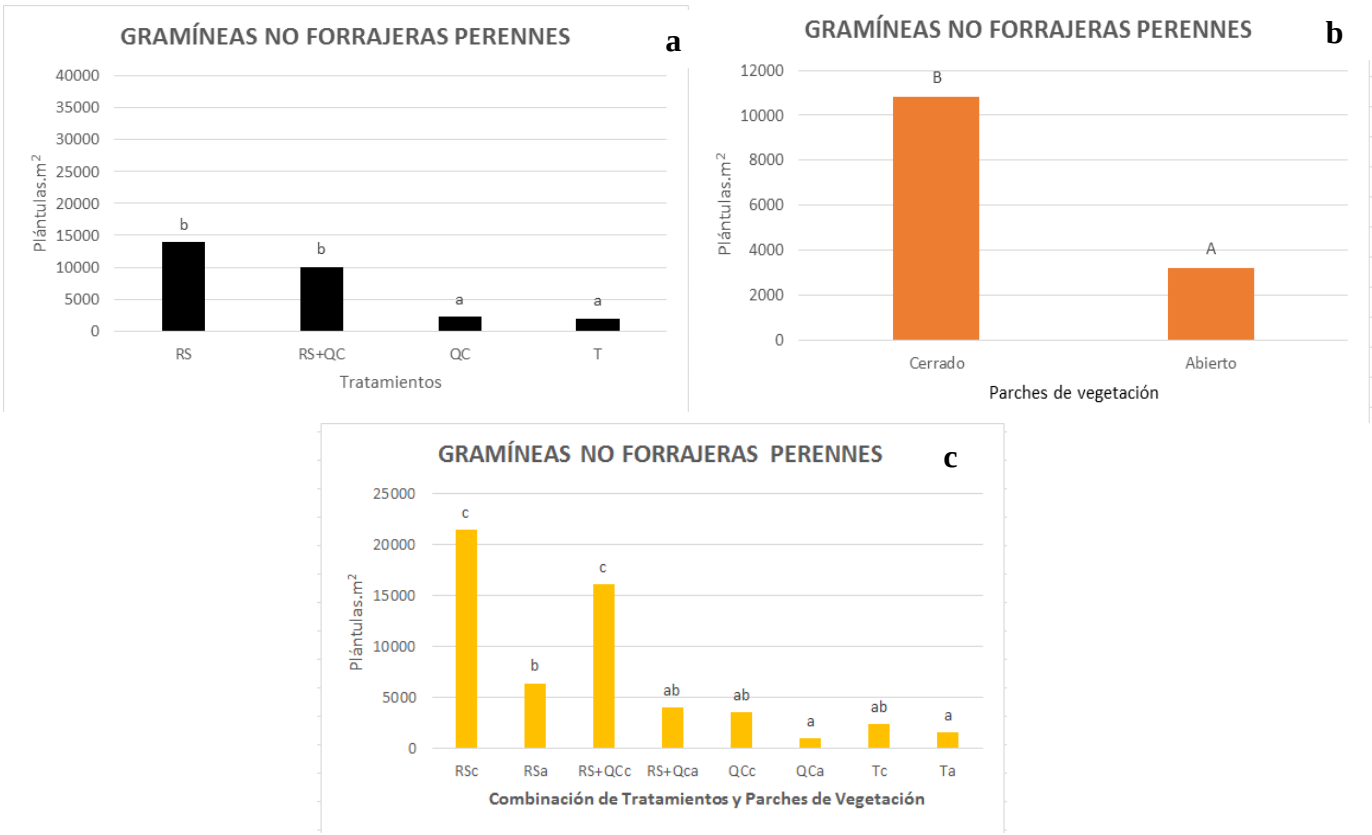

Figura 21: Densidad total (plántulas/m^2) de especies de gramíneas no forrajeras perennes encontradas en el BSS germinable para los distintos tratamientos realizados (a), parches de vegetación abiertos y cerrados (b) y la combinación de tratamientos con parches de vegetación abiertos y cerrados (c). Letras distintas indican diferencias significativas ($p<0,05$). RS: rolado selectivo, RS+QC: rolado selectivo + quema controlada, QC: quema controlada, T: testigo; RSc: rolado selectivo cerrado, RSa: rolado selectivo abierto, RS+QCc: rolado selectivo + quemado cerrado, RS+QCa: rolado selectivo + quemado abierto, QCc: quemado cerrado, QCa: quemado abierto, Tc: testigo cerrado, Ta: testigo abierto.

Las gramíneas y dicotiledóneas anuales tuvieron una alta densidad en los tratamientos quema controlada (QC), rolado selectivo (RS) y en el testigo (T), no existiendo diferencias significativas entre estos (p>0,05). Y a su vez, fueron los parches cerrados los que presentaron una mayor densidad de plántulas, particularmente la quema controlada (QCc) con un valor medio de 61000 plántulas/m^2 y el testigo (Tc) con 38289 plántulas/m^2 (Fig. 22). El grupo de las dicotiledóneas anuales fueron las especies que mayor densidad aportaron al banco de semillas del suelo (Tabla 1).

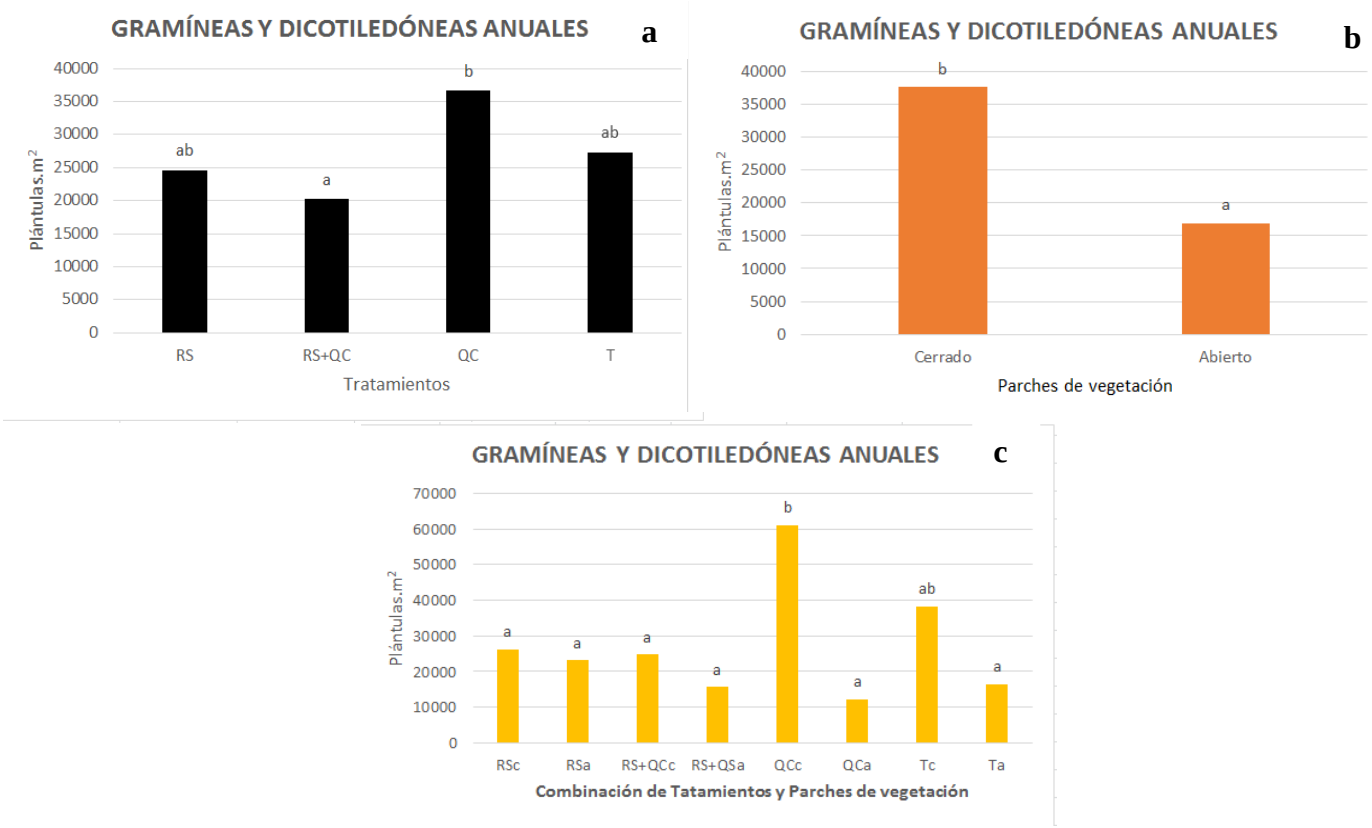

Figura 22: Densidad total (plántulas/m^2) de especies de gramíneas y dicotiledóneas anuales encontradas en el BSS germinable para los distintos tratamientos realizados (a), parches de vegetación abiertos y cerrados (b) y la combinación de tratamientos con parches de vegetación abiertos y cerrados (c). Letras distintas indican diferencias significativas (p<0,05). RS: rolado selectivo, RS+QC: rolado selectivo + quema controlada, QC: quema controlada, T: testigo; RSc: rolado selectivo cerrado, RSa: rolado selectivo abierto, RS+QCc: rolado selectivo + quemado cerrado, RS+QCa: rolado selectivo + quemado abierto, QCc: quemado cerrado, QCa: quemado abierto, Tc: testigo cerrado, Ta: testigo abierto.

Se analizaron además las especies más representativas de cada grupo de vegetación para evaluar su comportamiento en función de los tratamientos y parches de vegetación:

Gramíneas forrajeras perennes

Dentro de este grupo, *Poa ligularis* fue una de las más destacadas con una densidad total de 47000 plántulas/m^2 (Tabla 1). Los tratamientos que más favorecieron a esta especie fueron el RS y QC, no existiendo diferencias significativas entre estos dos (Fig. 23). Los parches sin vegetación, además fueron los que presentaron mayor densidad de plántulas, en particular en el tratamiento rolado selectivo (Fig. 23), con un valor medio de 22370 plántulas/m^2.

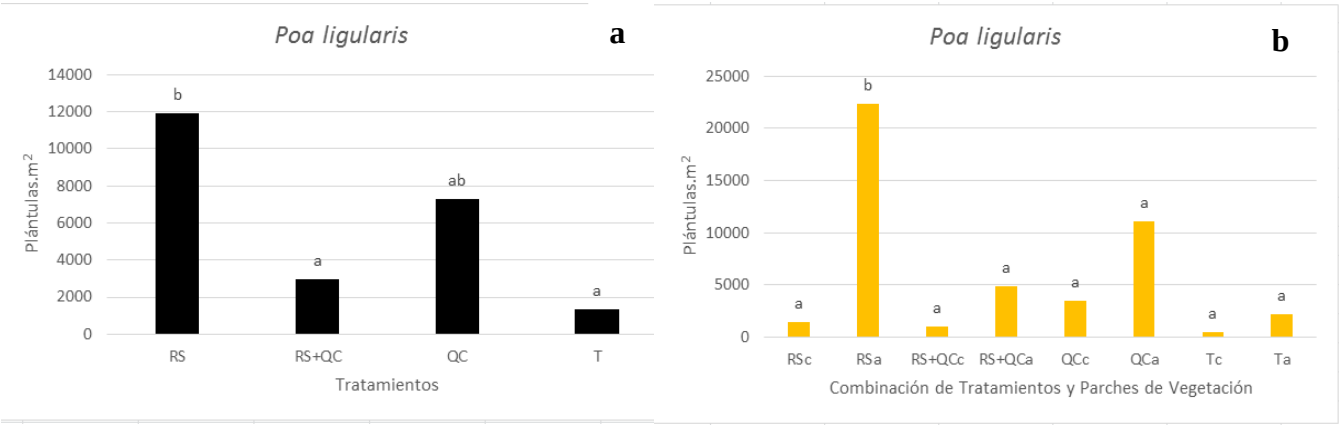

Figura 23: Densidad total (plántulas/m^2) de *Poa ligularis* encontradas en el BSS germinable para los distintos tratamientos realizados (a) y parches de vegetación abiertos y cerrados (b). Letras distintas indican diferencias significativas ($p<0,05$). RS: rolado selectivo, RS+QC: rolado selectivo + quema controlada, QC: quema controlada, T: testigo; RSc: rolado selectivo cerrado, RSa: rolado selectivo abierto, RS+QCc: rolado selectivo + quemado cerrado, RS+QCa: rolado selectivo + quemado abierto, QCc: quemado cerrado, QCa: quemado abierto, Tc: testigo cerrado, Ta: testigo abierto.

Otra de las especies destacadas dentro de este grupo fue *Piptochaetium napostaense*, la cual tuvo una densidad total en el BSS de 4950 plántulas/m^2 (Tabla 1). La misma se vio favorecida ante los tres tratamientos aplicados RS, RS+QC y QC ($p>0,05$), principalmente frente al rolado selectivo el cual presentó en los parches de vegetación abiertos una media de 1870 plántulas/m^2 (RSa), en la combinación con la quema controlada 1526 plántulas/m^2 y en la quema controlada 1053 plántulas/m^2, estos últimos valores también provenientes de los parches de vegetación abiertos (Fig. 24).

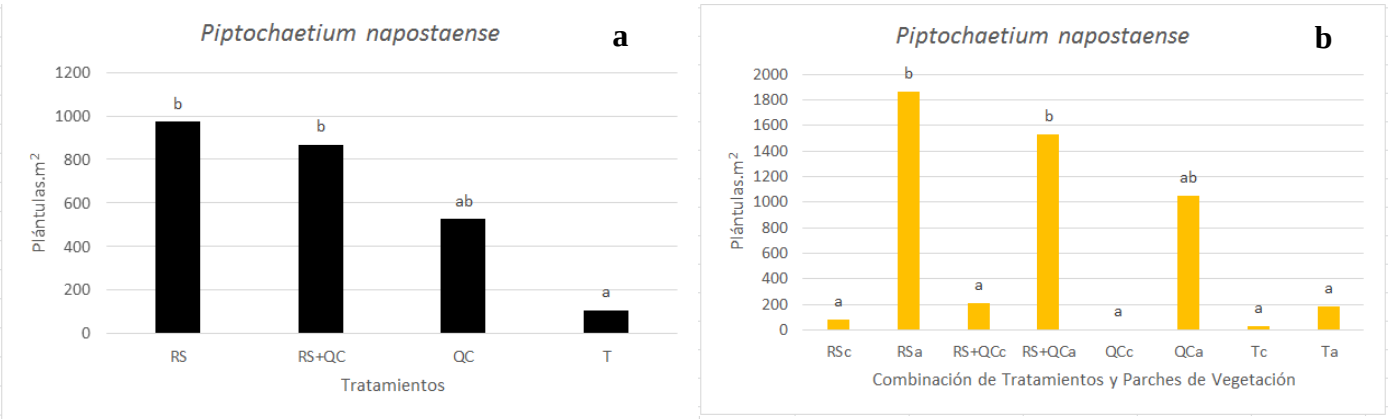

Figura 24: Densidad total (plántulas/m^2) de *Piptochaetium napostaense* encontradas en el BSS germinable para los distintos tratamientos realizados (a) y parches de vegetación abiertos y cerrados (b). Letras distintas indican diferencias significativas ($p<0,05$). RS: rolado selectivo, RS+QC: rolado selectivo + quema controlada, QC: quema controlada, T: testigo; RSc: rolado selectivo cerrado, RSa: rolado selectivo abierto, RS+QCc: rolado selectivo + quemado cerrado, RS+QCa: rolado selectivo + quemado abierto, QCc: quemado cerrado, QCa: quemado abierto, Tc: testigo cerrado, Ta: testigo abierto.

Gramíneas no forrajeras perennes

Dentro de este grupo de especies las que presentaron una mayor densidad en el banco de semillas del suelo fueron *Jarava ichu* y *Nassella tenuissima* con 38106 plántulas/m^2 y 15210 plántulas/m^2 respectivamente (Tabla 1).

La especie *Jarava ichu* no mostró diferencias significativas entre los tratamientos RS y RS+QC ($p>0,05$), los cuales fueron los que presentaron mayor densidad. Los parches de vegetación cerrados favorecieron la emergencia de esta especie, principalmente en el rolado selectivo cerrado que tuvo un valor medio de 15550 plántulas/m^2 y la combinación de este con la quema controlada cerrada que mostró un valor medio de 10580 plántulas/m^2 (Fig. 25).

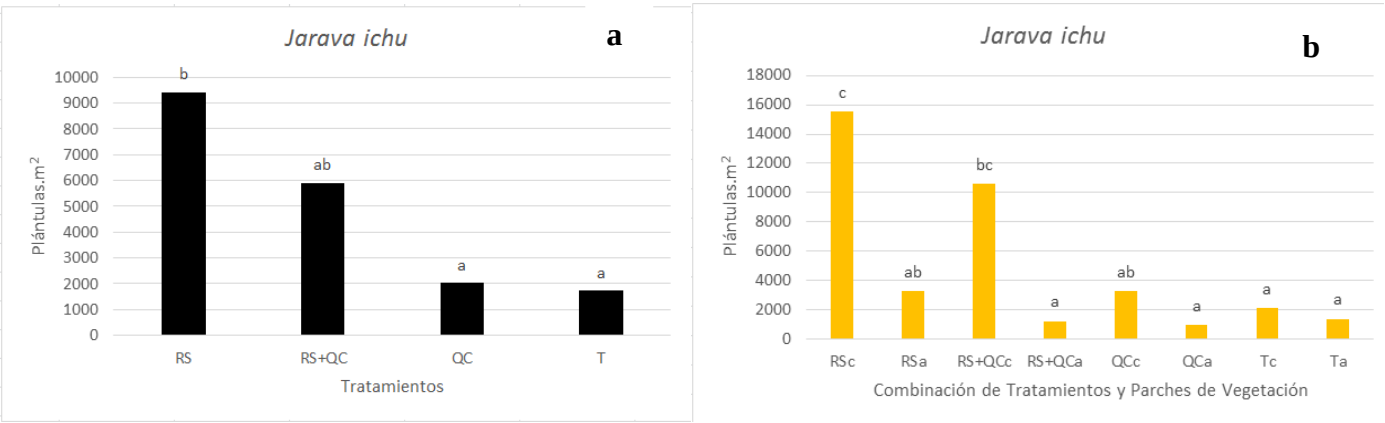

Figura 25: Densidad total (plántulas/m^2) de *Jarava ichu* encontradas en el BSS germinable para los distintos tratamientos realizados (a) y parches de vegetación abiertos y cerrados (b). Letras distintas indican diferencias significativas ($p<0,05$). RS: rolado selectivo, RS+QC: rolado selectivo + quema controlada, QC: quema controlada, T: testigo; RSc: rolado selectivo cerrado, RSa: rolado selectivo abierto, RS+QCc: rolado selectivo + quemado cerrado, RS+QCa: rolado selectivo + quemado abierto, QCc: quemado cerrado, QCa: quemado abierto, Tc: testigo cerrado, Ta: testigo abierto.

La especie *Nassella tenuissima* se vio favorecida con el tratamiento rolado selectivo (RS) y con la combinación de este con la quema controlada (RS+QC), no existiendo diferencias significativas entre estos dos tratamientos ($p>0,05$). Los parches de vegetación cerrados presentaron la mayor densidad, principalmente en el rolado selectivo, que tuvo un valor medio de 5300 plántulas/m^2 y en el rolado selectivo más la quema controlada que mostró un valor medio de 5160 plántulas/m^2 (Fig. 26).

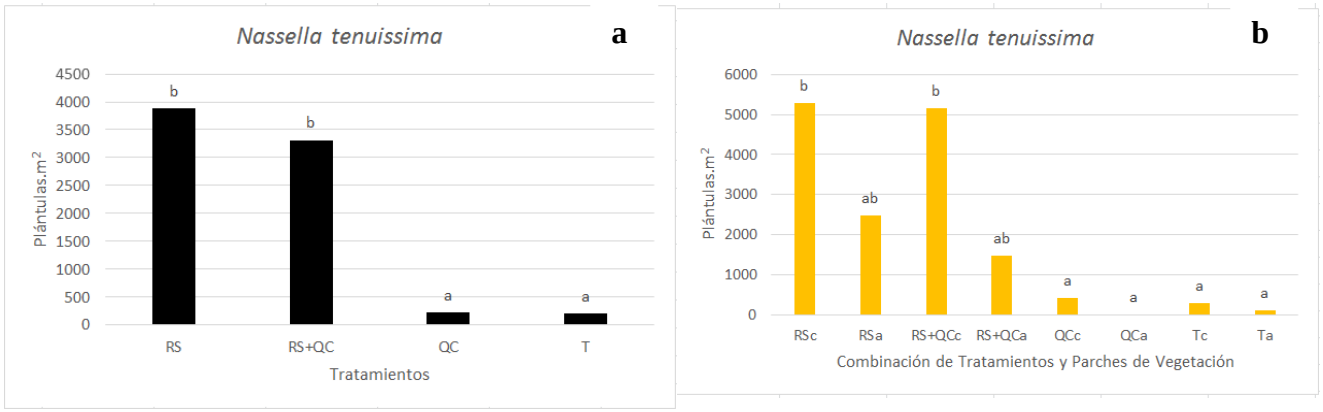

Figura 26: Densidad total (plántulas/m^2) de *Nassella tenuissima* encontradas en el BSS germinable para los distintos tratamientos realizados (a) y parches de vegetación abiertos y cerrados (b). Letras distintas indican diferencias significativas ($p<0,05$). RS: rolado selectivo, RS+QC: rolado selectivo + quema controlada, QC: quema controlada, T: testigo; RSc: rolado selectivo cerrado, RSa: rolado selectivo abierto, RS+QCc: rolado selectivo + quemado cerrado, RS+QCa: rolado selectivo + quemado abierto, QCc: quemado cerrado, QCa: quemado abierto, Tc: testigo cerrado, Ta: testigo abierto.

Gramíneas anuales

Dentro de este grupo de especies se destacó *Phalaris angusta* con una densidad total en el banco de semillas del suelo de 58420 plántulas/m^2 (Tabla 1).

v Su emergencia se vio favorecida en la aplicación de la quema controlada y los parches de vegetación cerrados. La QC con T no mostraron diferencias significativas (p>0,05) presentando un valor medio de 32800 plántulas/m^2 y 19500 plántulas/m^2 respectivamente (Fig. 27).

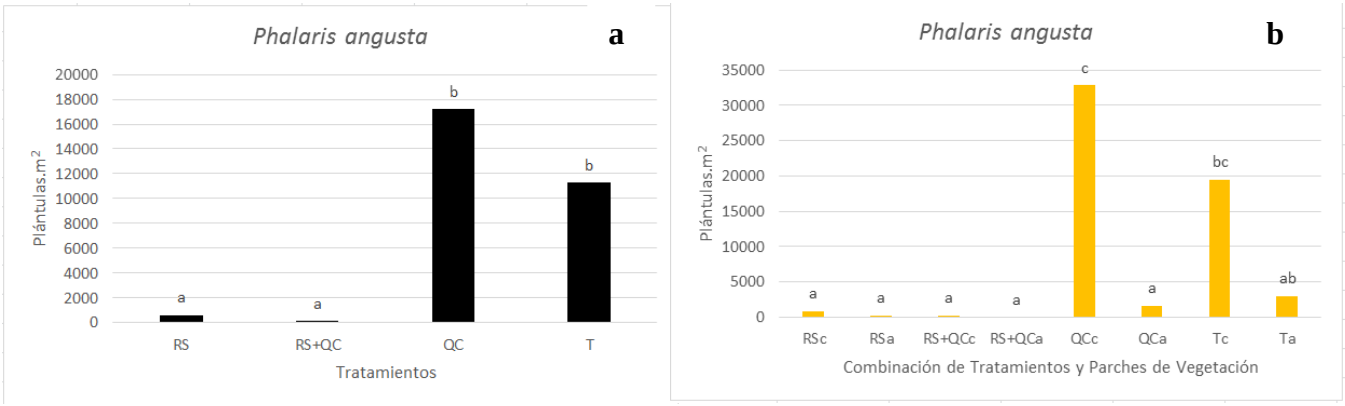

Figura 27: Densidad total (plántulas/m^2) de *Phalaris angusta* encontradas en el BSS germinable para los distintos tratamientos realizados (a) y parches de vegetación abiertos y cerrados (b). Letras distintas indican diferencias significativas (p<0,05). RS: rolado selectivo, RS+QC: rolado selectivo + quema controlada, QC: quema controlada, T: testigo; RSc: rolado selectivo cerrado, RSa: rolado selectivo abierto, RS+QCc: rolado selectivo + quemado cerrado, RS+QCa: rolado selectivo + quemado abierto, QCc: quemado cerrado, QCa: quemado abierto, Tc: testigo cerrado, Ta: testigo abierto.

Dicotiledóneas anuales

En este grupo de especies se destacó con su frecuencia *Heterotheca subaxilaris*, la cual presentó una densidad total en el banco de semillas del suelo de 26000 plántulas/m^2 (Tabla 1).

La mayor densidad se observó en rolado selectivo y la aplicación de este combinado con la quema controlada. Esta especie germinó más en los parches de vegetación cerrados, presentando sus máximos valores de 6760 plántulas/m^2 en RSc y 6180 plántulas/m^2 en RS+QCc (Fig. 28).

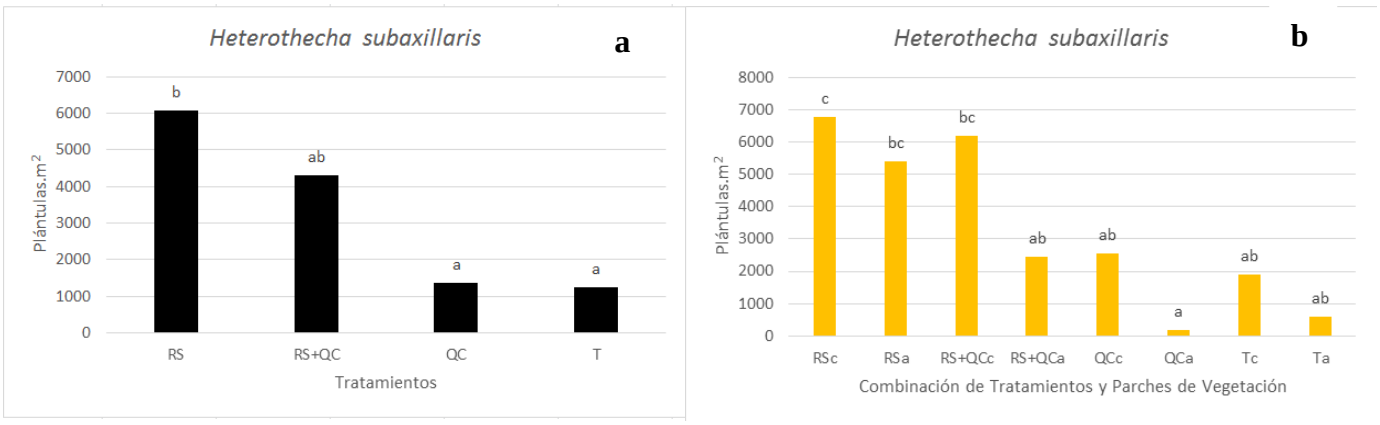

Figura 28: Densidad total (plántulas/m^2) de *Heterotheca subaxillaris* encontradas en el BSS germinable para los distintos tratamientos realizados (a) y parches de vegetación abiertos y cerrados (b). Letras distintas indican diferencias significativas ($p<0,05$). RS: rolado selectivo, RS+QC: rolado selectivo + quema controlada, QC: quema controlada, T: testigo; RSc: rolado selectivo cerrado, RSa: rolado selectivo abierto, RS+QCc: rolado selectivo + quemado cerrado, RS+QCa: rolado selectivo + quemado abierto, QCc: quemado cerrado, QCa: quemado abierto, Tc: testigo cerrado, Ta: testigo abierto.

El ACP de las densidades del banco de semillas del suelo germinable de las especies más abundantes y/o frecuentes se muestra en la Figura 29. En el primer componente (CP1) del ACP se logró explicar el 47,5% de variabilidad de los datos, mientras que al incluir el segundo componente (CP2) se alcanzó el 29% logrando explicar un 76,5% de la variabilidad de los datos.

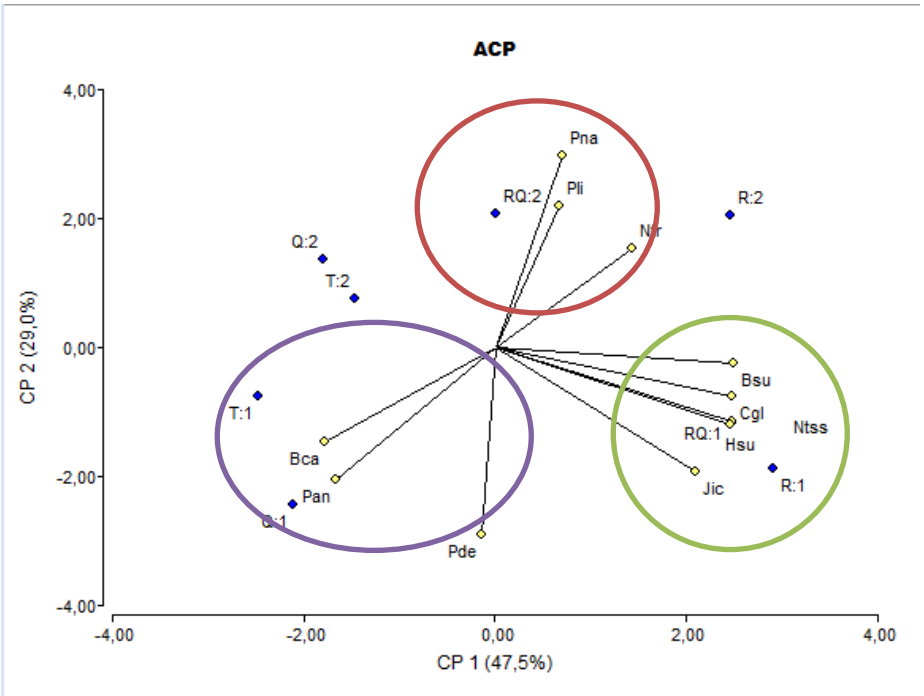

Figura 29: Análisis de Componentes Principales (ACP). Distribución de los tratamientos y parches de vegetación estudiados en relación a las especies más representativas presentes en el BSS germinable. T1: testigo cerrado, T2: testigo abierto, R1: rolado selectivo cerrado, R2: rolado selectivo abierto, R+Q1: rolado selectivo + quema controlada cerrado, R+Q2: rolado selectivo + quema controlada abierto, Q1: quema controlada cerrado y Q2: quema controlada abierto. Pna: *Piptochaetium napostaense*, Pli: *Poa ligularis*, Ntr: *Nassella trichotoma*, Bsu: *Chascolytrum subaristatum*, Cgl: *Cerastium glomeratum*, Ntss: *Nassella tenuissimak*, Hsu: *Heterotheca subaxilaris*, Jic: *Jarava ichu*, Pde: *Parietaria debilis*, Pan: *Phalaris angusta*, Bca: *Bromus catharticus*.

De acuerdo a estos parámetros se observaron tres agrupamientos bien contrastantes, por un lado las especies forrajeras *P. napostaense* y *P. ligularis* mostraron una relación con el tratamiento RS+QC y parches de vegetación abiertos y coeficientes de ponderación altos (0,48) y (0,46) respectivamente. Por otro lado las especies no forrajeras *J. ichu* (-0,41), *N. tenuissima* (-0,18) y algunas dicotiledóneas tales como *C. glomeratum* (-0,12), *H. subaxilaris* (-0,19) mostraron una correlación en el tratamiento RS y RS+QC en parches de vegetación cerrados. Y un último agrupamiento de especies que incluye a las anuales como *B. catharticus* (-0,24), *P. angusta* (-

0,33) y *P. debilis* (-0,47) mostraron una correlación en el tratamiento QC y T en los parches de vegetación cerrados (Fig. 29).

DISCUSIÓN

Debido a los distintos manejos sobre los pastizales naturales que se produjeron, en aquellas áreas desprovistas de material leñoso prevalecieron las gramíneas perennes con valor forrajero. Las especies de gramíneas no forrajeras perennes dominaron en parches de vegetación cerrados, al igual que las gramíneas y dicotiledóneas anuales.

Los resultados mostraron que las áreas abiertas producto del rolado selectivo, presentaron las mejores condiciones para que el banco de semillas del suelo de las gramíneas forrajeras perennes sea activado. Varios autores (Pottier, 1984; Klusmann, 1988; Dalmasso *et al*, 1991; Giraldo *et al*, 1995; Marlats *et al*, 1997) coinciden en que la mayor producción de biomasa del estrato herbáceo se da con poca o nula cobertura de la canopia o presencia de árboles. A su vez, la quema prescripta también favoreció a este grupo de especies y esto también coincide con lo reportado por Peláez *et al* (2001) y Ernst *et al* (2015), donde observaron en trabajos realizados en el distrito del Caldenal que luego de un fuego controlado se favorecieron estas especies. Tal es el caso de *Piptochaetium napostaense* que presentó una elevada frecuencia luego de este último tratamiento, y esto puede explicarse por el antopodio que presenta su cariopse que le permite anclarse en el suelo (Rúgolo de Agrazar *et al*, 2005; Benvenuti, 2007) y autosembrarse, ya que sus aristas geniculadas actúan como palancas, permitiéndole de esta manera evitar que sean afectadas por el fuego. A su vez, sus semillas presentan cierto estado de dormición que requieren de ser activadas, y esto se logra mediante las temperaturas moderadas de las quemas prescriptas (Cabeza, 1989; Mayor *et al*, 2003; Rodriguez- Trejo, 2008). Los resultados de Kin *et al* (2004) también demostraron menor emergencia, crecimiento y supervivencia de esta especie en condiciones de sombreado.

La otra especie que presentó elevada frecuencia luego de las distintas intervenciones fue *Poa ligularis.* Su elevada tasa de germinación se observó al igual que *P. napostaense* en aquellas áreas que fueron sometidas a rolado selectivo en parches de vegetación abiertos. El fuego es un tratamiento que favorece el establecimiento de ciertas plántulas al activar el banco de semillas del suelo, pero también perjudica el de otras cuyas diásporas quedan retenidas sobre la vegetación o broza, tal es el caso de esta especie, que por sus características de menor biomasa y tamaño junto con la presencia de pelos, sus semillas quedan totalmente expuestas al fuego (Ernst *et al*, 2015;

Estelrich *et al*, 2005). Además el ser una especie heliófila explica su alta germinación en aquellos lugares que tuvieron mayor entrada de luz.

Las gramíneas no forrajeras perennes tuvieron una alta tasa de germinación luego del rolado selectivo y la combinación del rolado y la quema prescripta, en parches de vegetación cerrados. Esto podría deberse al efecto nodriza que generan las leñosas sobre las nuevas plántulas que intentan establecerse. Los arbustos juegan un papel fundamental en la iniciación de procesos de recomposición de áreas degradadas donde actúan concentrado los escasos recursos formando verdaderas "islas fértiles" (Wallace y Romey, 1980; Whisenant, *et al*, 1995). Actúan como trampas de restos orgánicos y semillas transportadas por el viento que se acumulan debajo de ellas, proveyendo de un sustrato adecuado para la germinación. Las plántulas encuentran en estos micrositios mayor humedad y menor temperatura en verano, lo que disminuye su estrés hídrico y térmico (Gutiérrez y Squeo, 2004).

Ciertas gramíneas no forrajeras como *Nassella tenuissima* y *Nassella trichotoma*, se caracterizan por la estrategia de sobrevivencia que tienen sus semillas en el auto enterrado, donde además de permitirles encontrar mejores condiciones de humedad en contacto con el suelo y evitar la predación (Larruse *et al*, 2012), impiden que las altas temperaturas superficiales del fuego las afecten (Rúgolo de Agrazar *et al*, 2005; Benvenuti, 2007), y luego puedan germinar cuando se reúnan las condiciones necesarias. Esto coincide con el trabajo de Ernst *et al* (2015) donde demostraron que los fuegos controlados pueden favorecer a aquellas especies de gramíneas que tengan la capacidad de auto enterrarse. Thompson *et al* (1993) también demostraron que las semillas sobre la superficie del suelo no persisten por largos periodos de tiempo y que su entierro claramente favorece la persistencia. Cabe destacar que el rolado selectivo también favoreció el establecimiento de estas especies.

La especie *Jarava ichu* tuvo también una elevada frecuencia en el grupo de las gramíneas no forrajeras perennes, y la misma presentó una mayor germinación en el tratamiento rolado selectivo en parches de vegetación cerrados. Esta especie presenta pelos divergentes, papus y bajo peso (Cano, 1988; Benvenuti, 2007), lo cual explicaría la mayor densidad luego del rolado en relación a la quema controlada. Además, *J. ichu* se caracteriza por ser umbrófila, y esto revelaría la mayor emergencia en aquellos parches de vegetación cerrados. Docampo (2017) también encontró que *J. ichu* se benefició luego del mismo tratamiento. Por otro lado, es

importante destacar que las especies sin valor forrajero no son consumidas por los bovinos debido a su alto contenido de lignina, y como consecuencia presentan mayor cobertura, ya que al no ser pastoreadas producen un mayor número de semillas, por lo que predominan en los bancos de semillas en detrimento de las forrajeras. Además, las especies no palatables o no forrajeras tienen menor concentración de nitrógeno y ofrecen un mantillo con menor tasa de descomposición, ya que al ser menos lábiles, debido a su mayor relación C/N en sus tejidos, generan como consecuencia un empobrecimiento de nutrientes en el suelo y condiciones de estrés que ellas mismas pueden tolerar (Morici *et al*, 2009; Rauber *et al*, 2014).

Las gramíneas y dicotiledóneas anuales presentaron una alta densidad de plántulas luego de la quema controlada en parches de vegetación cerrados y en menor medida en los parches de vegetación cerrados de los testigos y rolado selectivo. La densidad de semillas en la broza o capa hojarasca suele ser muy variable debido a las diferencias que existen en el interior de un sitio, que van desde la variación entre especies en la lluvia de semillas, la tasa de incorporación y/o la longevidad (Garwood, 1989). Esto puede ser la razón por la que se observó una elevada frecuencia de gramíneas y dicotiledóneas anuales en los resultados, ya que las mismas permanecen viables en el suelo mucho más tiempo que las especies perennes (Roberts, 1970; Petit & Froend, 2011). Diversos autores como Kemp (1989), afirman que más del 40% de la flora de los ecosistemas áridos la constituyen especies anuales. Estelrich *et al* (2005) también encontraron que en ciertas áreas del bosque de caldén, el reemplazo de las especies preferidas se produce principalmente por especies anuales. Diversos estudios afirman que las especies anuales dominan los bancos de semillas en relación a la diversidad, número y biomasa (Brown *et al*, 1979), que forman bancos de semillas persistentes, numerosos, con ciclos de vida cortos y toleran hábitats con baja disponibilidad de recursos, como lo son las áreas arbustizadas (Mayor *et al*, 1999). Rauber *et al* (2014) demostraron en un estudio que en condiciones de mayor disturbio provocado por sobrepastoreo, pisoteo o incluso pastoreo sobre especies de baja palatabilidad, prevalecieron las especies anuales de rápido crecimiento y disminuyeron las gramíneas perennes.

Es importante tener en cuenta que en áreas degradadas es necesaria la intervención del hombre mediante técnicas de recuperación o rehabilitación, y tener presente el papel del banco de semillas del suelo, ya que este facilita el mantenimiento o la recuperación de la vegetación de un área (Teckle & Bekele, 2000). A su vez, el BSS es la única vía de recuperación de áreas que

sufrieron drásticos procesos de disturbio (De Souza Maia *et al*, 2006). Sin embargo, el establecimiento de nuevos individuos depende no sólo de la disponibilidad de micrositios que permitan la emergencia y posterior supervivencia de las plantas sino también de la disponibilidad de semillas, la cual a su vez depende de su producción y posterior dispersión de estas (Aguiar & Sala, 1997; Chambers & MacMahonm 1994). Un banco de semillas pequeño y con pocas especies, es el reflejo de la pérdida de diversidad en un lugar determinado, y la simplificación de las comunidades vegetales futuras que llegaren a establecerse (Bedoya-Patiño, Estévez-Varón y Castaño-Villa, 2010). La importancia del conocimiento de la dinámica de los BSS radica en que estos son una reserva de germoplasma y están involucrados de manera directa e indirecta en la estructuración de las comunidades naturales. Como consecuencia, la comprensión de su funcionamiento posibilita el desarrollo de tecnologías de conservación y restauración de los ecosistemas (Brown *et al*, 1979; Grime, 1989; Chambers & MacMahon, 1994).

La acción de los herbívoros es desencadenante de cambios estructurales y funcionales de difícil retroceso (Llorens, 1995) y hay indicios de que junto a los incendios pueden retroalimentar la recurrencia de disturbios, incrementando la inflamabilidad a través de modificaciones en la arquitectura de las plantas (Raffaele *et al*, 2011; Blackhall *et al*, 2012). Es por ello también la importancia de proponer pastoreos con cargas adecuadas y descansos, y así favorecer la vigorización y floración-semillazón, para aumentar el tamaño del banco de semillas del suelo de especies forrajeras perennes. La densidad y calidad de semillas en el banco es un factor esencial en la dinámica temporal de las comunidades vegetales y por lo tanto, su manejo y conservación son muy importantes para el mantenimiento de la biodiversidad y la sustentabilidad de estas unidades de vegetación (De Souza *et al*, 2006).

Debido a las características climáticas de la región de estudio, las probabilidades de recuperación de estos ambientes en forma natural, se ve fuertemente limitada y con ello la recuperación de las interacciones y procesos ecológicos con el entorno. Es por ello que se recomienda el uso de técnicas que inicien y aceleren estos procesos (Beider, 2010). El rolado selectivo favorece el desarrollo de especies forrajeras debido a que tiene consecuencias positivas sobre el sistema en general, como por ejemplo la disminución del suelo desnudo (alrededor de un 30% menos), lo cual contribuye a frenar procesos erosivos, a disminuir el área desaprovechable para el pastoreo del ganado (Díaz *et al*, 1998), desarraigo del pajonal (Ernst *et al*, 2017) y creación de

microcuencas para la captación de agua y semillas (Adema, 2006). Sin embargo, luego del rolado se produce la regeneración vegetativa por rebrotes basales, tornando necesarias prácticas como podas (raleo selectivo) o conducción post disturbio para asegurar el número mínimo de individuos leñosos (Gómez *et al*, 2009) y evitar que el ecosistema retorne nuevamente al estado de fachinal o bosque cerrado de *Prosopis caldenia*.

Una técnica que se viene desarrollando desde hace unos años para recomponer la cobertura vegetal de un sitio degradado es la plantación (Griffiths *et al*, 1983; Ciano, 1997) y la siembra directa. Sin embargo, la necesidad de producir plántulas de calidad en viveros por cierto periodo de tiempo y la supervivencia de las mismas una vez trasplantadas a campo, hacen que la plantación sea más costosa y de mayor duración que la siembra directa para la restauración (Pérez *et al*, 2019). También Quiroga *et al* (2009) demostraron que el agregado de semillas fue el único tipo de intervención que permitió incrementar la densidad de plántulas en el corto plazo y que posibilitó duplicar la densidad de gramíneas forrajeras. Las semillas son una alternativa de supervivencia para las plantas ante condiciones desfavorables (Kemp, 1989).

La intervención que se decida aplicar debe considerar la importancia de la composición del banco de semillas del suelo ya que es lo que determinará la vegetación que se establezca luego de la intervención. Por lo tanto, si el ecosistema permaneció invadido de leñosas por mucho tiempo es probable que se haya perdido cierta viabilidad de las semillas de especies forrajeras y no forrajeras perennes en el banco de semillas, existiendo solo anuales. El agregado de semillas o el incremento en el stock de gramíneas forrajeras perennes pueden ser una buena opción para complementar el rolado selectivo o la quema controlada e incrementar la cantidad y calidad del banco de semillas del suelo del lugar.

CONCLUSIONES

- El rolado selectivo, y en menor medida la quema controlada, mejoraron la condición del pastizal beneficiando las gramíneas forrajeras perennes.
- Los grupos de especies, GNFP y GA+DA dominaron en parches de vegetación cerrados. Las gramíneas no forrajeras predominaron en el rolado selectivo y en la combinación de este con la quema prescripta, y las gramíneas y dicotiledóneas anuales predominaron principalmente luego de la quema controlada, y en menor medida en el rolado selectivo y en el testigo.
- La combinación del rolado selectivo y la quema controlada no modificaron la composición del banco de semillas de gramíneas forrajeras perennes como se esperaba.
- Los efectos del rolado selectivo, la quema controlada o la combinación de ambas sobre el BSS, dependerá de la especie considerada, del parche de vegetación donde se encuentra y del manejo del pastizal que se realice posteriormente.
- Conocer el estado de degradación y la historia de uso del ecosistema son el inicio para realizar una planificación de restauración o rehabilitación.
- La comprensión del funcionamiento del BSS posibilita el desarrollo de tecnologías de conservación y restauración de pastizales degradados.
- Se deben continuar los estudios o evaluaciones de las distintas prácticas que existen o pueden implementarse para la recuperación de estos ecosistemas degradados. Considerar que la plantación o la siembra directa puede ser una buena opción para complementar algunas de las intervenciones que se realizaron en este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

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.

Aguiar, M. & Sala, O. (1999). *Patch structure, dynamics and implications for the functioning of arid ecosystems*. Trends in Ecology & Evolution, 14: 273-277.

Aguiar, M.R. & Sala, O.E. (1997). *Seed distribution constrains the dynamics of the Patagonian steppe*. Ecology, 70: 26-34.

Anderson, D. (1979). *Distribución de Sorghastrum pellitum (Poaceae) en la provincia de San Luis y su significado ecológico*. Kurtziana, 12-13: 37-45.

Bailey, D., Gross, J., Laca, E., Rittenhouse, L., Coughenour, M., Swift, D. and Sims, P. (1996). *Mechanisms that result in large herbivore grazing patterns*. J. Range Manage, 49: 386-400.

Baker, H. (1989). *Some aspects of the natural history of seed banks*. In Ecology of soil seed banks, M.A. Leck, V.T. Parker y R.L. Simpson (eds.). Academic, New York, p. 257-282.

Bedoya-Patiño, J.G., Estévez-Varón, J.V. y Castaño-Villa, G.J. (2010). *Banco de semillas del suelo y su papel en la recuperación de los bosques tropicales*. Boletín Científico, Centro de Museos, 14 (2): 77-91.

Beider, A. (2012). *Viverización de especies nativas de zonas áridas*. Experimentia. Revista de transferencia científica. ISSN 1853-905X.

Bekker, R.M., J.P. Bakker, U. Grandin, R. Kalamees, P. Milberg, P. Poschlod, K. Thompson & J.H. Willems. (1998). *Seed size, shape and vertical distribution in the soil: indicators of seed longevity*. Functional Ecology, 12(4): 834-842.

Benech-Arnold, R.L., Batlla, D., Guglielmini, A.C. y Kruk, B.C. (2014). *Ecología de malezas II: la reanudación del crecimiento y el aumento del área*. In: Malezas e invasoras de la Argentina. Fernández, O.A., Leguizamón, E.S. y Acciaresi, H.A. (Ed). Editorial de la

Universidad Nacional del Sur y Red de Editoriales de Universidades Nacionales. Cap. VI. pp. 139-169.

Benvenuti, S. (2007). *Weed seed movement and dispersal strategies in the agricultural environment*. Weed Biol Manage, 7: 141–157.

Blackhall, M. (2012). *Respuestas de especies leñosas a herbívoros e incendios en bosques y matorrales del noroeste de la Patagonia: estudio de la inflamabilidad vegetal*. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Comahue. Bariloche, Argentina.

Blanco, L., P.R. Namur, C. Ferrando y A. Rettore. (2013). *Evolución de la vegetación después del rolado y siembra de pastos nativos en La Rioja*. Revista de la Facultad de Agronomía. UNLPam, 22: 17-22.

Boccanelli, S.I. and J.P. Lewis. (1994). *The seed bank of old pampean prairie and its relation with the standing vegetation*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 29: 1833-1840.

Brown, J.M., O.J. Reichman y D.W. Davidson. (1979). *Granivory in desert ecosystems*. Annual Review of Ecology and Systematics, 10:201-27.

Cabeza, C.E. (1989). *Efecto del déficit hídrico en la germinación, emergencia y crecimiento de plántulas de algunas gramíneas nativas de Argentina, presentes en la provincia de La Pampa*. Tesis Magister en Producción Vegetal. Universidad Nacional del Sur, 100 pp.

Cabrera, A. (1976). *Regiones fitogeográficas argentinas*. En: E.F. Ferreira Sobral (eds). Enciclopedia Argentina de Agricultura y Ganadería. 2° Edición. Acme. Buenos Aires, Argentina. 90 p.

Cano, E. (1988). *Pastizales naturales de La Pampa*. Tomo I. Convenio AACREA y Gobierno de la provincia de La Pampa, Argentina. 114 pp.

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.

Chambers, J.C. & J.A. MacMahon. (1994). *A day in the life of a seed: movements and fates of sedes and theirs implications for natural and management systems*. Annual Review of Ecology and Systematics 25:263-292.

Ciano, N. (1997). *Plantación de especies arbustivas en Patagonia*. PRODESAR. Convenio INTA-GTZ. EEA CHUBUT. Centro Regional Patagonia Sur. 22 pp.

Cook, R. (1980). *The biology of seeds in the soil*. In: Solbrig, O.T. (ed.). Demography and evolution in plant populations. Botanical Monographs, 15:107-129.

Dalmasso, A., U. Karlin y V. Lauric. (1991). *Manejo y uso racional de la vegetación leñosa*. Bosques y Desarrollo, 2(3): 23-26.

De Souza, M., Maia, F. y Perez, M. (2006). *Bancos de semillas en el suelo*. Agriscientia XXIII (1): 33-44.

Debano, L.F., D.G. Neary & P.F. Folliott. (1998). *Fire's effects on ecosystems*. Whiley & Sons, inc. 333 pp.

Díaz, R., U. Karlin y C. Carranza. (1988). *Efecto del desmonte selectivo en la producción y composición forrajera del Chaco Seco*. En: II Jornadas de Investigación. FCA-UNC.7 y 8 de Julio, Córdoba. Pág.: 35.

Docampo, A. (2017). *El rolado selectivo, ¿afecta el comportamiento del banco de semillas de gramíneas en un fachinal de caldén (Prosopis caldenia) del centro de la provincia de La Pampa*? .Tesis de grado, Universidad Nacional de La Pampa.

Ernst, R. & E. Morici. (2013). *Banco de semillas germinable de gramíneas del caldenal*. *Diferencias pre y post diseminación*. Revista Facultad de Agronomía. 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.

Ernst, R.D., V. Vásquez, D. Estelrich y E. Morici. (2017). *Banco de semillas de gramíneas en fachinales intervenidos mediante rolado selectivo*. Semiárida. Revista Facultad de Agronomía. UNLPam, 27(1): 27-39.

Estelrich, H., C. Chirino, B. Fernández y E. Morici. (1997). *Cambios florísticos en los sistemas naturales de la Región Semiárida Pampeana por efecto del pastoreo*. XVIII Reunión Argentina de Ecología. Bs.As. 43 pp.

Estelrich, H.D. y A.E. Cano. (1985). *Disponibilidad forrajera y determinación de la capacidad de carga de un bosque de Prosopis caldenia*. Rev. Asoc. Pampeana de Profesionales Cs. Naturales. Actas I Jornadas de Biología y II Jornadas de Geología de La Pampa. UNLPam, 1: 30-35.

Estelrich, H.D. y Castaldo, A. (2014). *Receptividad y carga ganadera en distintas micro regiones semiáridas de la provincia de La Pampa (Argentina) y su relación con las precipitaciones*. Universidad Nacional de La Pampa. Revista Facultad de Agronomía, 16: 7-19.

Estelrich, H.D., C.C. Chirino, E.F. 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. Libro homenaje a Rolando Leon (Paruelo J., M. Oesterheld y M. Aguiar Eds.).

Etchepare, M. y S. Boccanelli. (2007). *Análisis del banco de semillas y su relación con la vegetación emergente en una clausura de la llanura pampeana*. Ecología Austral, 17: 159-166.

Favreto, R., R.B. Medeiros & V.D. Pillar. (2000). *Composição do banco de sementes do solo de um campo natural sujeitos a intensidades de pastejo e posições de relevo*. En: Reunião do grupo técnico regional do cone sul (Zona Campos) em melhoramento e utilização de recursos forrageiros das áreas tropical e subtropical. Guarapuava. Anais. Guarapuava. pp. 233-235.

Ferrandis, P., De Las Heras S.J., Martínez-Sánchez, J.J. and Herranz, J.M. (2001). *Influence of a low-intensity fire on a Pinus halepensis Mill. Forest seed bank and its consequences on the early stages of plant succesion*. Israel Journal of Plant Sciences, 49: 105-114.

Ferrandis, P., Herranz, J.M., Martínez-Sánchez, J.J. (2001a). *Response to fire of a predominantly transient seed bank in a Mediterranean weedy pasture (eastern-central Spain).* Ecoscience, 8(2): 211-219.

Ferrandis, P., Martínez-Sánchez, J.J., Agudo, A., Cano, A.L., Gallar, J.J., Herranz, J.M. (1999). *Presencia de especies del género Cistus L. (Cistaceae) en el banco de semillas del suelo en el pastizal de la raña del parque nacional de Cabañeros*. Invest. Agr. Sist. Recur. For. Vol. 8(2): 361-376.

Frank, E. O., E.M. Llorens & D. Cabral. (1998). *Productividad de los pastizales naturales de la provincia de La Pampa*. Subsecretaría de Asuntos Agrarios. Cambio Rural, INTA, SAGPyA. 167 p.

Garwood, N.C. (1989). *Tropical soil seed banks*. A review: 149-209 (en) Leek, M.A.; Parker, V.T & Simpson, R.L. (eds.) Ecology of soil seed banks. Academic Press INC., San Diego, California.

Giraldo V.L., J. Botero, J. Saldaierraga y P. David. (1995). *Efecto de tres densidades de árboles en el potencial forrajero de un sistema silvopastoril natural en la región Atlántica de Colombia*. Agroforestería en las Américas, 2(8): 14-19.

Gómez C.A. y S.M. Kees. (2009). C*omportamiento de heliófitas y sombrívoras en el desarrollo sucesional del bosque del Chaco Húmedo*. En J. H. Morello & A. F. Rodríguez (eds.). El Chaco sin bosques: la Pampa o el desierto del futuro, pp. 93-107. Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires.

Griffiths, O., J. Serra, J.M. Escobar y V. Nakamatsu. (1983). *Implantación de especies arbustivas autóctonas e introducidas con valor forrajero y protector de suelo, en el área del Monte Patagónico*. IDIA, Suplemento Nº 36. Séptima Reunión Nacional para el estudio de las regiones Áridas y Semiáridas, pp. 255-259.

Grime, J.P. (1989). *Seed banks in ecological perspective*. En M. Allesio Leck, V.T. Parker & R.L. Simpson (eds.) Ecology of Soil Seed Banks. San Diego (California), Academic Press. Pp. xv-xxii.

Gutiérrez J.R. & Squeo F.A. (2004). *Importancia de los arbustos en los ecosistemas semiáridos de Chile*. Ecosistemas, 13 (1): 36-45.

Henderson, C.B., K.E. Petersen and R.A. Redak. (1988). *Spatial and temporal in the seed bank and vegetation of a desert grassland community*. Journal of Ecology, 76:717-728.

Hill, L.W. and R.M. Rice. (1963). *Converting from brush to grass increases water yield in southern California*. J. Range Manage, 16: 300-305.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (15 de noviembre de 2020). *Consulta Atlas de Malezas*. http://rian.inta.gov.ar/atlasmalezas/atlasmalezasportal/

Kellner, K. and O. Bosch. (1992). *Influence of patch formation in determining the stocking rate for southern African grasslands*. J. Arid Environ, 22: 99–105.

Kemp, P.R. (1989). *Seed banks and vegetation processes in deserts*. In Ecology of soil seed banks, M.A. Leck, V. T. Parker y R. L. Simpson (eds.). Academic, New York. p. 257-282.

Kin, A., A. Sosa y M. Mazzola. (2004). *Efecto del sombreo y del contenido hídrico del suelo sobre el establecimiento de Piptochaetium napostaense*. Actas XXV Reunión Argentina de Fisiología vegetal. La Pampa.

Klusmann, C. (1988). *Trees and shrubs for animal production in Tropical and Subtropical areas*. Plant Research and Development, 27: 92-104.

Kucera, C. (1981). *Grasslands and fire*. In: Mooney H., T. Bonnicksen, N. Christensen, J. Lotan, and W. Reiners (Eds). Fire regimes and ecosystem properties. U.S. Dept. Agriculture, General Tech. Report WO-26. pp. 90-111.

Kunst, C., R. Ledesma, M. Basan, G. Angella, D. Prieto & J. Godoy. (2003). *Rolado de fachinales e infiltración de agua en el suelo en el Chaco occidental argentino*. Revista de Investigaciones Agropecuarias, 32: 105-122.

Larrusse A.S., N.R. Andrada & E.N. Ocampo. (2012). *Hongos asociados a semillas de poáceas naturales del semiárido, provincia de San Luis, Argentina*. Revista Análisis de Semilla, 6(1): 78-82.

Llorens, E.M. & E.O. Frank. (1999). *Aspectos ecológicos del estrato herbáceo del caldenal y estrategias para su manejo*. AACREA, Subsecretaria de Asuntos Agrarios-Provincia de La Pampa, EEA INTA Anguil. 81 p.

Llorens, E.M. (1995). V*iewpoint: the state and transition model applied to the herbaceous layer of Argentina's calden forest*. Journal of Range Management, 48: 442-447.

Llorens, E.M. (2013). *Caracterización y manejo de los pastizales del centro de La Pampa*. Ministerio de la Producción. (Ed.) Gobierno de La Pampa. 52 pp.

Marlats R.M., G. Denegri, O.E. Ansín y J.W. Lanfranco. (1997). *Sistemas Silvopastoriles: Efectos de las densidades, configuraciones y orientaciones de plantación de Eucaliptus viminalis (Labill.) sobre sus disponibilidades forrajeras asociadas*. Revista Argentina de Producción Animal, 17(1): 33-42.

Marone, L., Rossi, B.E. & Horno, M.E. (1998). *Timing and spatial patterning of seed dispersal and redistribution in a South American warm desert.* Plant Ecol., 137: 143–150.

Martin, S.C. and H.L. Morton. (1993). *Mesquite control increases grass density and reduces soil loss in southern Arizona*. Journal of Range Manage, 46: 170-175.

Martínez Pastur, G., M. Lencinas, P. Peri & J. Cellini. (2008). *Flowering and seeding patterns in unmanaged and manager Nothofagus pumilio south Patagonian forests*. Forstarchiv, 79: 60-65.

Martínez Romero, E. (1996). *La restauración ecológica*. Ciencias, 43: 56-61.

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. (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. UNS. 128 p.

Mayor, M.D., Bóo, R.M., Peláez, D.V. and Elía, O.R. (2003). *Seasonal variation of the soil seed bank of grasses in central Argentina as related to grazing and shrub cover*. Journal Arid Environment, 53: 467-477.

Milberg, P. (1992). *Seed bank in a 35-year-old experiment with different treatments of a semi-natural grassland*. Acta Oecologica - International Journal of Ecology, 13, N° 6: 793-752.

Molinero, H.B. (1990). *Descripción de los pastizales del sur de San Luis*. Revista de la Facultad de Agronomía-UNLPam, 5 (1): 15-28.

Morici, E., Doménech García, V., Gómez Castro, G., Kin, A.G., Saenz, A.M. y Rabotnikof, C.M. (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.

Morici, E., R. Ernst., A. Kin, D. Estelrich, M. Mazzola y S. Poey. (2003). *Efecto del pastoreo en un pastizal semiárido de Argentina según la distancia a la aguada*. Archivos de Zootecnia, 52: 59-66.

Nazar Anchorena, J.B. (1990). *Fuegos controlados, parámetros para determinar la conveniencia del uso de fuegos controlados sobre las pasturas naturales*. Universidad Nacional de La Pampa. Revista Facultad de Agronomía, 5: 127-129.

Nazar Anchorena, J.L. (1988). *Fuegos controlados en el manejo de los pastizales naturales*. Tecnicrea, 12: 21-28.

Noy-Meir, I. (1981). *Spatial effects in modelling of arid ecosystems*. In Arid-land Ecosystems: Structure, Functioning, and Management (Vol. 2) (Goodall, D.W. and Perry, R.A., eds.), pp. 411–432, Cambridge University Press.

Ohlenbusch, P. (1990). *Prescribed burning*. A management tool. Kansas State Univ. Pub. L-815. Manhattan, KS.

Olivares, A. (1989). *El ecosistema silvipastoral*. Avances en Producción Animal, 14: 3-14.

Patón, D., T. Zeballos y J. Tovar. (1995). *Ecología del comportamiento del ganado vacuno retinto en pastoreo. Relaciones entre intensidad de uso, diversidad ecológica y composición botánica del pastizal*. Archivos de Zootecnia, 44: 303-315.

Peláez, D.V., Bóo, R.M., Mayor, M.D. and Elía, O.R. (2001). *Effect of fire on perennial grass species in central semiarid*. Journal of Range Management, 54: 617-621.

Pérez D.R., Farinaccio, F., Aronson, J. (2019). *Towards a drylands framework species approach, and other tools for ecological restoration of severely degraded drylands*. Research in progress in Argentinean Patagonia. Journal of Arid Environments, 61:1–10.

Pettit, N.E. and R.H. Froend. (2001). *Availability of seed for recruitment of riparian vegetation: a comparison of a tropical and a temperate river ecosystem in Australia*. Australian Journal of Botany, 49, N° 4: 515-528.

Piudo, M.J. & R.Y. Cavero. (2005). *Banco de semillas: comparación de metodologías de extracción, de densidad y de profundidad de muestreo*. Publicaciones de Biología. Universidad de Navarra. Serie Botánica. 16: 71-85.

Pottier, D. (1984). *Ganadería bajo los árboles: un experimento agrosilvícola*. Unasylva, 36(143):23-27.

Pulido, F. y M. Díaz. (2005). *Regeneration of Mediterranean oak: A whole-cycle approach*. Ecoscience, 12: 92-102.

Quiroga, E., Blanco, L. & Orionte, E. (2009). *Evaluación de estrategias de rehabilitación de pastizales áridos*. Ecología Austral, 19: 107-117.

Raffaele, E., T.T. Veblen, M. Blackhall & N. Tercerobucardo. (2011). *Synergistic influences of introduced herbivores and fire on vegetation change in northern Patagonia, Argentina*. J. Veg. Sci., 22:59-71.

Rauber, R., Steinaker D., Demaría M. & Arroyo D. (2014). *Factores asociados a la invasión de pajas en bosque de la región semiárida central argentina*. Ecología Austral, 24:320-326.

Roberto, Z. & M. Martínez Uncal. (2012). *Bases para el ordenamiento territorial*. Publicación Técnica Nº 87. INTA EEA Anguil. La Pampa. 23 p.

Roberts, H.A. (1970). *Viable weed seeds in cultivated soils*. Report of the National Vegetable Research Station, Pp.25-38.

Rodríguez-Trejo, D.A. (2008). *Fire regimes, fire ecology, and fire management in Mexico*. Ambio, 37: 548-556.

Rúgolo de Agrazar, 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.

Schlesinger, W.H. & Pilmanis, A.M. (1998). *Plant–soil interactions in deserts*. Biogeochemistry, 42, 169–187.

Sipowicz, A.H. (1994). *Ecología y manejo del fuego en el ecosistema del caldenal*. Boletín de Divulgación N° 51. INTA EEA Anguil. La Pampa. 17 pp.

Stoddart, L. A., Smith, A. D. & Box, T. W. (1975). *Journal Range Management*. Third Edition/Mc Graw-Hill Book. Co. New York. 230 p.

Sturges, D.L. (1993). *Soil-water and vegetation dynamics through 20 years after big sagebrush control*. Journal of Range Manage, 46: 161-169.

Tekle, K. & Bekele, T. (2000). *The Role of Soil Seed Banks in the Rehabilitation of Degraded Hillslopes in Southern Wello, Ethiopia*. Biotropica, 32 (1): 23-32.

Thompson, K., Band, S.R. & Hodgson, J.G. (1993). *Seed Size and Shape Predict Persistence in Soil*. Funct. Ecol., 7 (2): 236-241.

Viglizzo, E. F. y Jobbágy, E. (2010). *Expansión de la frontera agropecuaria en Argentina y su impacto ecológico-ambiental*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, INTA, Buenos Aires.

Viglizzo, E.F. (1994). *Condición y tendencia de los recursos naturales y la sustentabilidad agrícola en la Argentina*. En: DIÁLOGO XLII. Recursos naturales y sostenibilidad agrícola. 89-91 pp.

Wallace, A. and E.M. Romey. (1980). *The role of pionner species in revegetation of disturbed desert areas. Soil-Plant-Animal Relationships Bearing on revegetation and land Reclamation in Nevada Deserts*. Great Basin Naturalist Memoirs Nº 4. Brigham Young University.

Whelan, R.J. (1995). *The ecology of fire*. Cambridge University Press. 346 pp.

Whisenant, S., T. Thurow and S. Maranz. (1995). *Initiating autogenic restoration on shallow semiarid sities*. Restoration Ecology, vol. 3, Nº 1. pp. 61-67.

Wright, H.A. & A.W. Bailey. (1982). *Fire Ecology*. United States and Southern Canada. New York, USA. John Wiley. 501 p.