

## CONSERVACION DE UN PASTIZAL SERRANO BAJO DEFOLIACION EN EL SISTEMA DE TANDILIA

*Mountain grassland conservation under defoliation in the Tandilia system*

**Vignolio\* OR, Ispizúa VN, Garavano E**

Unidad Integrada Balcarce, Facultad de Ciencias Agrarias,  
Universidad Nacional de Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina

\*E-mail de contacto: vignolio.osvaldo@inta.gob.ar; ovignoli@mdp.edu.ar

### RESUMEN

El manejo de pastizales en reservas naturales bajo defoliación es una alternativa para conservar *in situ* la riqueza de especies vegetales y puede ser compatible con la producción ganadera. El objetivo del trabajo fue analizar en un pastizal serrano de una reserva natural del Sistema de Tandilia, los cambios en la estructura de la comunidad vegetal dominada por pajonales de *Paspalum quadrifarium* bajo diferentes manejos. Se prepararon 16 parcelas (3 x 3 m), de las cuales doce fueron manejadas bajo las siguientes condiciones: i) durante el primer año se aplicaron tres frecuencias (alta, media y baja) de defoliación mecánica, usando 4 parcelas por frecuencia, ii) durante el segundo año fueron pastoreadas por vacunos y equinos, y iii) sin pastoreo durante el tercer año. Las otras 4 parcelas se utilizaron como control (sin defoliar). Se determinó la producción de biomasa, el valor zootécnico, la riqueza y el uso agronómico de las especies (medicinal, forrajera, ornamental, melífera, comestible, malezas y tóxicas). Al comenzar el trabajo, la biomasa de las parcelas estaba compuesta mayormente por *P. quadrifarium* (1612 g MS/m<sup>2</sup>, con 15% verde y 85% seco). La riqueza fue mayor con media que con baja frecuencia de defoliación, y durante los tres años se establecieron 79 especies (23 familias). En las parcelas control se establecieron 23 especies (10 familias). Las especies más abundantes fueron las medicinales, les siguieron las comestibles y las de importancia apícola. También se identificaron especies con valor fitogenético, ornamentales y algunas tóxicas para el ganado. Bajo defoliación, el valor zootécnico fue mayor (valor cercano a 3) que en las parcelas control (con valor 1). La cobertura basal, la biomasa aérea y la altura de las plantas del pajonal fueron menores en las parcelas defoliadas que en la condición control. El pajonal en estado control también brinda servicios, como refugio y alimentos a la fauna silvestre. Para el sistema de estudio, se propone un manejo compatible con la provisión de diferentes servicios ecosistémicos que brinda el pastizal.

**Palabras clave.** servicios ecosistémicos, riqueza florística, reservas naturales, pastoreo

### ABSTRACT

The defoliation in grasslands of nature reserves is a tool that allows conserving *in situ* the plant richness and it can be compatible with livestock production. The objective of this work was to analyze changes in the structure of the plant community of a mountain grassland dominated by *Paspalum quadrifarium* of a natural reserve of Tandilia System under different management conditions. Sixteen plots of 3 x 3 m were prepared. Twelve plots were managed under the following conditions: i) during the first year three frequencies of mechanical defoliation, high, medium and low, were applied, using four plots per frequency; ii) during the second year they were grazed by cattle and horses and iii) without grazing during the third year. The other 4 plots were control (without cut). Biomass production, zootechnical value, richness with its agronomic use (medicinal, forage, ornamental, honey and edible plants) and weed toxic plants were determined. At the beginning of the work, the plots biomass was composed by *P. quadrifarium*, 1612 g DM/m<sup>2</sup>, with 15% green and 85% dry. Species richness was higher with medium than with low cutting frequency and during the three years 79 species (23 families) were established. On the other hand, in control plots 23 species (10 families) were established. The most abundant species were medicinal, followed by edible and of apicultural importance. Species with phylogenetic value, ornamental and some toxic for livestock were also identified. The zootechnical value under defoliation was higher (aprox. 3) than in the control plots (1). Under defoliation the basal cover, the aerial biomass and height of the *P. quadrifarium* plants were lower than in control. The grassland in control conditions also provides services such as shelter and food for wildlife. We propose to manage the grassland under a model that considers the different services that it provides us.

**Key words.** ecosystem services, plant richness, nature reserves, grazing management.

Recibido: octubre 2021

Aceptado: marzo 2022

## Introducción

Los pastizales naturales son reconocidos por ofrecer a través de su biodiversidad, diferentes servicios ecosistémicos, i.e. los beneficios que brinda la naturaleza para el bienestar de la sociedad (Sala y Paruelo 1997; Sala *et al.* 2017; Bengtsson *et al.* 2019). Los SE de los pastizales incluyen: i) la producción de forraje para la ganadería, ii) la conservación *in situ* de recursos fitogenéticos, iii) el secuestro de carbono y con ello mitigación del cambio climático, iv) prevención de la erosión del suelo y v) refugio y fuente de alimento para la fauna silvestre (Comparatore *et al.* 1996; Sala y Paruelo 1997; Iriondo *et al.* 2008; Mirraño y Bilenca 2008; Echeverría *et al.* 2017; Sala *et al.* 2017; Garavano 2018; Bengtsson *et al.* 2019; Jacobo *et al.* 2020). Sin embargo, desde el último siglo, las áreas cubiertas por pastizales naturales han declinado en muchas regiones del planeta; sus tierras han sido utilizadas principalmente para la agricultura y pasturas destinadas a la producción ganadera (Sala *et al.* 2017; Bengtsson *et al.* 2019). Esta transformación no escapa a los pastizales de nuestra región, donde la ganadería se ha concentrado en áreas marginales, no aptas para la agricultura, dejando las tierras más fértiles para la producción de cultivos y pasturas (Baldi *et al.* 2006; Ghersa *et al.* 2007).

Los pastizales de la región Pampeana (Argentina) en buen estado de conservación están restringidos a ecosistemas donde la frontera agropecuaria no ha podido avanzar, como los afloramientos rocosos de las sierras (Zalba y Villamil 2002). Algunos pastizales de las sierras del Sistema de Tandilia (Buenos Aires) están en reservas privadas, con un estado de conservación comparable a los naturales (Mirraño y Bilenca 2008). Estos pastizales tienen una importante riqueza de especies vegetales valoradas por sus usos agronómicos como forrajes, medicinales, ornamentales, melíferas y comestibles (Valicenti *et al.* 2005; Yagueddú *et al.* 2006; Alonso *et al.* 2009; Nuciari y Guma 2009; Kacoliris *et al.* 2013; Echeverría *et al.* 2017). Los pastizales están bajo pastoreo por vacunos y equinos, sin embargo, se desconocen los cambios en la estructura de las comunidades vegetales frente a dicha perturbación (Alonso *et al.* 2009; Nuciari y Guma 2009; Yagueddú *et al.* 2006; Valicenti *et al.* 2005; Kacoliris *et al.* 2013).

La defoliación planificada o cortes de pastizales en reservas naturales puede ser utilizada como una herramienta de manejo para conservar *in situ* la biodiversidad vegetal y, en algunos casos, es compatible con la producción ganadera (Noy-Meir 2005; Cingolani *et al.* 2008; Iriondo *et al.* 2008; Miñarro y Bilenca 2008; Loydi y Distel 2010; Roldán *et al.* 2010). Los estudios del pastoreo por herbívoros domésticos, vacunos y equinos, en pastizales serranos como las sierras de Córdoba (Argentina) (Pucheta *et al.* 1997) y los del Sistema de Ventania (Buenos Aires) (Loydi y Zalba 2009; Loydi y Distel 2010; de Villalobos 2016) ponen en evidencia modificaciones en la estructura y el funcionamiento de las comunidades vegetales a través de: i) reducción de la dominancia de algunas especies, ii) aumento de la riqueza, y iii) cambios en la cobertura y producción de biomasa aérea de las especies. Entre las especies nativas dominantes de los pastizales de las sierras del Sistema de Tandilia, se destacan los pajonales de *Paspalum quadrifarium* Lam (Valicenti *et al.* 2005; Kacoliris *et al.* 2013; Garavano 2018). Los trabajos realizados en pajonales establecidos en otros ecosistemas, como en los

campos de Ayacucho (Buenos Aires), Carlos Casares (Buenos Aires) y Azul (Buenos Aires), destacan que la reducción de su dominancia mediante el manejo con pastoreo y corte mecánico, aumentó la riqueza de especies nativas y exóticas, la producción y calidad del forraje (Juan *et al.* 2000; Lateralra *et al.* 1998; Tognetti y Chaneton 2015). En el presente trabajo planteamos que la riqueza de especies vegetales en un pastizal serrano del Sistema de Tandilia dominado por plantas de *P. quadrifarium* incrementará con la frecuencia de defoliación. Dado que la estructura de una comunidad vegetal puede estar condicionada por los atributos de la especie dominante (Grime 1998; Tilman *et al.* 2001) y el manejo (Lateralra *et al.* 1998; Tognetti y Chaneton 2015), en este trabajo esperamos que, a mayor frecuencia de defoliación, sea menor la dominancia de *P. quadrifarium*, medida a través del aporte de biomasa aérea. El objetivo del presente trabajo fue analizar en un pastizal de una reserva natural serrana del Sistema de Tandilia dominado por pajonales de *P. quadrifarium*, la riqueza florística y los usos que brindan bajo las siguientes condiciones de manejo: 1) frecuencias de defoliación mecánica, 2) pastoreo con vacunos y equinos, 3) sin pastoreo y 4) control (pastizal sin cortar). También se analizó la producción de biomasa y el valor zootécnico del pastizal. Con la finalidad de interpretar los cambios en el pastizal, se analizó la cobertura basal, la biomasa aérea y la altura de las plantas de *P. quadrifarium* bajo defoliación.

## Materiales y Métodos

### Sitio de estudio

El trabajo se realizó en el período comprendido entre junio de 2017 y octubre de 2020 en un pastizal de la Reserva Natural Paititi (RNP), establecida en el Partido de General Pueyrredón (Provincia de Buenos Aires, Argentina). La reserva se encuentra en la subregión Pampa Austral, formando parte de la Red Argentina de Reservas Privadas Naturales (Miñarro y Bilenca 2008; Echeverría *et al.* 2017). La misma consta de dos sierras, Sierra Chica, que tiene una superficie de 40 ha, lugar en el que se realizó el trabajo (37°54'00"S, 057°49'00"W) y Sierra Grande, de 180 ha (Echeverría *et al.* 2017). El clima de la zona es subhúmedo-húmedo con temperaturas máximas en verano y mínimas en invierno de 32°C y 0°C, respectivamente (Echeverría *et al.* 2017). Las precipitaciones anuales acumuladas durante los años 2017, 2018, 2019 y 2020 fueron de 1327 mm, 1032 mm, 847 mm y 960 mm (hasta octubre de 2020), respectivamente (Cambareri, M. com. pers.). El tipo de suelo tiene características de Argiudol típico y su análisis en los primeros 10 cm de profundidad presentó un pH (soil: H<sub>2</sub>O, 1: 2,5): 6,0; contenido de materia orgánica 7,5%; fósforo (Método de Bray y Kurtz 1), 7,7 ppm; NO<sub>3</sub>-N 8,8 ppm y carbono 4,7% (Garavano 2018). Al momento de iniciar el trabajo, no se registraron vacunos ni equinos pastoreando en el pastizal. El pastizal estaba dominado por *P. quadrifarium*, una gramínea nativa, estival, de metabolismo C<sub>4</sub> y perenne. Su cobertura aérea era del 100%, con una altura promedio (± EE) de 140 ± 16 cm. El pastizal en dicho estado (maduro, clímax) puede llegar a tener aproximadamente 16.000 kg MS/ha con un 80% de biomasa seca (Lateralra *et al.* 1994; 1998; Vignolio *et al.* 2003) y el mantillo acumulado en el suelo, aproximadamente 800 g MS/m<sup>2</sup> (Tognetti y Chaneton 2015).

### Diseño experimental

El 30 junio de 2017 se establecieron 16 parcelas experimentales de 3 x 3 m cada una, separadas por corredores de 1,5 m. La biomasa de doce parcelas y sus corredores fueron cortados con una motoguadaña a una altura de aproximadamente 8 cm (Figura 1). La biomasa cortada y el mantillo fueron removidos a mano para no ocasionar disturbios en el suelo. Las otras cuatro parcelas y sus corredores no fueron cortados ni se removió el mantillo acumulado en el suelo y se utilizaron de referencia o testigos. Las parcelas fueron manejadas bajo tres condiciones sucesivas: 1) tres frecuencias con corte mecánico durante el primer año, 2) pastoreo con equinos y vacunos durante el segundo año y 3) sin pastoreo (Figura 2).

### Condiciones de manejo

Las frecuencias de defoliación fueron: baja, media y alta. La baja frecuencia correspondió a un solo corte ( $C_1$ ), el realizado al comenzar el experimento (30 de junio de 2017); en la media frecuencia, las parcelas recibieron un segundo corte ( $C_1 + C_2$ ) el 20 de diciembre de 2017; y en la alta frecuencia, las parcelas recibieron un tercer corte ( $C_1 + C_2 + C_3$ ) el 24 de marzo de 2018 (Figura 2). El criterio para seleccionar los momentos de los cortes fue en función de la biomasa aérea acumulada y la estacionalidad, invierno, verano y otoño para  $C_1$ ,  $C_2$  y  $C_3$ , respectivamente. Se utilizaron 4 parcelas por frecuencias de corte distribuidas al azar. Las parcelas control ( $C_0$ ) se establecieron a 4 m de distancia de las defoliadas.

Durante el período entre el 21 de junio de 2018 y el 23 de agosto de 2019, las parcelas fueron pastoreadas por vacunos y equinos. Los animales tenían la posibilidad de desplazarse libremente en Sierra Chica, incluyendo las parcelas defoliadas y las  $C_0$ . Teniendo presente la zona del pastizal accesible para los animales, estimamos que la carga animal fue de aproximadamente 0,30 animales/ha. La cantidad de animales que se vieron próximos a las parcelas fueron entre 5 y 6 vacunos y equinos, respectivamente. Desde agosto de 2018 a agosto de 2019, se tomaron una vez por mes, fotos digitalizadas en las parcelas para determinar el porcentaje de suelo desnudo y se analizaron con un software CobCal (Ferrari *et al.* 2009).

Las parcelas permanecieron sin pastoreo entre el 24 de agosto de 2019 y el 16 de octubre de 2020. A los 111 días del cierre (12 de diciembre de 2019), se realizó un corte mecánico,  $C_4$  (Figura 2). Dado que el análisis previo al corte determinó que las parcelas con historia de frecuencias de corte no presentaban diferencias en su riqueza, ni en su cobertura vegetal verde, se seleccionaron al azar tres parcelas, una por cada historia de frecuencia de corte. Luego de cosechar la biomasa, las parcelas se descartaron. Las determinaciones continuaron con el resto de las parcelas (nueve) y las correspondientes al control.

### Biomasa aérea

La biomasa aérea se determinó con los cortes  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  y  $C_4$ . Excepto el  $C_1$ , que fue realizado con una motoguadaña, el resto de los cortes fueron con tijera de mano (mecánicos), en un área central de 2 x 2 m en cada parcela. La altura de corte

fue aproximadamente a 4 cm y la biomasa de cada especie fue separada y secada a 60°C hasta peso constante. La biomasa remanente de las parcelas fue cortada y removida manualmente, de manera de no alterar la superficie del suelo. Las especies fueron agrupadas según su abundancia relativa respecto a la biomasa total en: dominantes con 20 - 100%, subordinadas con 5 - 19% y transientes con menos del 5% (Grime 1998). Durante el período correspondiente al pastoreo, no se realizaron cosechas de la biomasa aérea debido a la baja altura de la vegetación.

### Riqueza de especies

Estacionalmente se identificaron las especies y se clasificaron por familia, origen (nativas, exóticas y endémicas); ciclo de vida: invernales (crecimiento en otoño, invierno y primavera) y estivales (crecimiento en primavera, verano y otoño); uso agronómico: medicinales, forrajeras, ornamentales, melíferas, comestibles, malezas y tóxicas para los animales (Alonso *et al.* 2009; Rapoport *et al.* 2009; Alonso y Desmarchelier 2015; Cantero *et al.* 2019). Se estimó el valor zootécnico del pastizal (VZ):

$$VZ = \sum \pi_i \cdot q_i$$

donde  $\pi_i$ , es la proporción de biomasa de cada especie respecto al total; y  $q_i$ , la calidad forrajera de cada especie. El valor  $q_i$  está basado en el valor nutricional de las especies y el rango es entre 0 (mala forrajera) y 5 (excelente forrajera) (Cahuépe *et al.* 1985). No encontramos en trabajos científicos el VZ para *Holcus lanatus*; pero debido a que es considerada una buena forrajera (Massara Paletto y Buono 2020) y por el consumo por los animales, se le asignó un VZ de 5.

### Determinaciones en las plantas de *Paspalum quadrifarium*

La biomasa aérea y la altura de las plantas vivas de *P. quadrifarium* (con al menos un macollo verde) se determinaron luego del primer corte ( $C_1$ , 30 de junio de 2017) y dos años después (17 septiembre de 2019) en las mismas parcelas. La altura por planta se tomó con un metro de madera, como la distancia entre el nivel del suelo y el canopeo. La biomasa de cada planta fue cosechada, embolsada y secada individualmente. La cobertura basal (CB) de las plantas vivas se determinó en septiembre de 2017 y en septiembre de 2019, midiendo la longitud del eje mayor (Ma) y menor (Me) en cada mata viva:

$$CB = 3,14 \times (Ma/2) \times (Me/2).$$

Con los datos de CB, se determinó la cobertura basal de *P. quadrifarium* por parcela (CBp) como:

$$CBp = (\sum CB/90.000) \cdot 100,$$

Siendo la superficie de la parcela de 90.000 cm<sup>2</sup>.

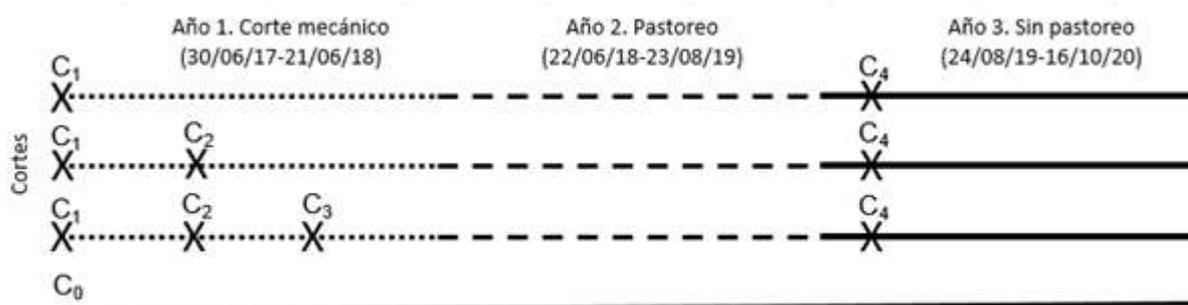
### Análisis de los datos

Los efectos de las frecuencias de corte sobre la riqueza de especies fueron analizados estacionalmente para cada condición de manejo, mediante análisis de la varianza (ANVA). La cantidad total de especies con diferentes usos agronómicos fue determinada para cada condición de manejo y se analizó mediante ANVA. La biomasa de los grupos de



**Figura 1.** a) Imagen de Sierra Chica en la Reserva Natural Paititi (Sistema de Tandilia, Buenos Aires, Argentina), b) pastizal dominado por las plantas de *Paspalum quadrifarium* y c) parcelas experimentales luego de la defoliación mecánica.

**Figure 1.** a) Photography of Sierra Chica in the Paititi Nature Reserve (Tandilia System, Buenos Aires, Argentina), b) grassland dominated by *Paspalum quadrifarium* plants and c) experimental plots after mechanical defoliation.



**Figura 2.** Secuencia temporal de los manejos desarrollados en un pastizal de la Reserva Natural Paititi. Referencias: C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub> son cortes mecánicos; C<sub>0</sub>, control: sin cortes.

**Figure 2.** Temporal sequence of managements carried out in the Paititi Nature Reserve grassland. References: C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> are mechanical cuttings; C<sub>0</sub>, control: without cuttings.

especies, dominantes, subordinadas y transientes, se comparó mediante ANOVA. Cuando se detectaron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ), las medias fueron separadas mediante test de Fisher LSD. El valor zootécnico no fue analizado estadísticamente. La comparación de las distribuciones de frecuencias de las áreas basales fue mediante test de independencia Chi-cuadrado (Lattera *et al.* 1994). Los datos expresados como porcentajes fueron transformados como  $\text{sen}^{-1} \sqrt{x}$  antes de su análisis. Las parcelas C<sub>0</sub>, por no estar aleatorizadas con el resto, no fueron consideradas en el análisis estadístico. No obstante, los valores de la riqueza y usos de las especies se presentan en los resultados. Los valores medios son presentados con sus  $\pm 1$  error estándar. Los datos fueron analizados con el software Statistica 6.0.

## Resultados

### Biomasa aérea del pastizal

La biomasa aérea en pie registrada al comenzar el experimento (C<sub>1</sub>) fue significativamente mayor al resto de los cortes, y estaba compuesta por *P. quadrifarium*, con un 15% y 85% de tejido verde y seco, respectivamente (Tabla 1). En el segundo corte (C<sub>2</sub>), la biomasa total fue aproximadamente el 22% de la registrada en C<sub>1</sub>, siendo las especies dominantes *P. quadrifarium* y los cardos, *Cirsium vulgare* y *Carduus acanthoides*. La biomasa aportada por la gramínea y las dicotiledóneas fue casi, en igual proporción, el 96% de la biomasa total (Tabla 1). La biomasa de las especies transientes fue de  $13 \pm 4$  g MS/m<sup>2</sup>, significativamente menor a la de las dominantes ( $P < 0,05$ ), y estaban representadas por *Ammi majus*, *Briza minor*, *Conyza sumatrensis*, *Holcus lanatus*, *Salpichroa organifolia*, *Senecio madagascariensis*,

*Solanum commersonii* y *Sonchus oleraceus*. La biomasa del corte C<sub>3</sub> estuvo compuesta principalmente por los cardos (142 ± 28 g MS/m<sup>2</sup>) y *P. quadrifarium* (166 ± 14 g MS/m<sup>2</sup>); las diferencias entre las medias no fueron significativamente diferentes. La biomasa de las especies transientes fue de 16 ± 6 g MS/m<sup>2</sup>, menor ( $P < 0,05$ ) que la de las dominantes (Tabla 1). El grupo de las transientes estaba constituido por *Ambrosia tenuifolia*, *Ammi majus*, *Cestrum parqui*, *Conyza sumatrensis*, *Convolvulus hermanniae*, *Gnaphalium cheiranthifolium*, *Mentha pulegium*, *Helminthotheca echioides*, *Salpichroa origanifolia*, *Senecio madagascariensis*, *Solanum commersonii*, *Verbena bonariensis*, *Lolium multiflorum* y *Poa annua*.

Durante el período de pastoreo, los animales permanecieron en las parcelas que habían sido defoliadas mecánicamente y en las comunidades de pastos cortos del resto de la reserva, constituidas por *Briza minor*, *Bromus* spp., *Cynodon dactylon*, *Dactylis glomerata*, *Holcus lanatus*, *Lolium* spp. y especies de la familia *Juncaceae* y *Cyperaceae*, entre otras. En las parcelas pastoreadas se registró suelo desnudo; el promedio, considerando todas las parcelas, desde agosto 2018 hasta agosto 2019, fue de 49 ± 4%, atribuido al pisoteo de los animales. En las parcelas C<sub>0</sub>, no se observaron disturbios, como la presencia de heces o cortes, que nos permitieran inferir que los animales permanecieron en ellas. La altura de las plantas (ver Tabla 2) y la acumulación de mantillo, no permitieron apreciar suelo desnudo a través de las fotos digitalizadas.

Como se pudo ver con el corte C<sub>4</sub>, durante el período sin pastoreo, todos los grupos de especies, dominantes, subordinadas y transientes estuvieron presentes. A diferencia de los cortes anteriores, la especie dominante fue *Holcus lanatus*, con una biomasa significativamente superior, 132 ± 10 g MS/m<sup>2</sup> a la de las especies subordinadas, *P. quadrifarium*, 27 ± 4 g MS/m<sup>2</sup> y los cardos, 10 ± 3 g MS/m<sup>2</sup> ( $P < 0,05$ ). La biomasa total de las transientes fue de 23 ± 4 g MS/m<sup>2</sup>, repartida en 17

especies, *Anagallis arvensis*, *Ambrosia tenuifolia*, *Convolvulus hermanniae*, *Conyza bonariensis*, *C. sumatrensis*, *Cypella herbertii*, *Helminthotheca echioides*, *Lolium multiflorum*, *Mentha pulegium*, *Nassella megapotamia*, *Oxypetalum solanoides*, *Salpichroa origanifolia*, *Senecio madagascariensis*, *Setaria rosenfurtii*, *Solanum chenopodioides*, *Sonchus oleraceus* y *Solanum pilcomayense*. El VZ en C<sub>4</sub> casi se triplicó respecto a C<sub>1</sub>, situación inicial donde, dominaba *P. quadrifarium* (Tabla 1). La situación inicial, al comenzar el experimento, era comparable a C<sub>0</sub>, dominado por *P. quadrifarium* con un VZ = 1. Por otra parte, en el corte C<sub>3</sub>, el bajo VZ se explica por los aportes de biomasa de los cardos y las especies transientes, que en su mayoría no fueron buenas forrajeras.

### Estructura de las plantas de *Paspalum quadrifarium*

Los manejos aplicados, defoliación mecánica y pastoreo, afectaron significativamente a la estructura de las plantas de *P. quadrifarium*. A nivel de planta, la biomasa y la altura de *P. quadrifarium* fueron afectadas por los manejos (Tabla 2). La cobertura basal promedio por parcela de las plantas también fue afectada por los manejos, siendo mayor al comenzar el trabajo ( $P < 0,05$ ) que dos años después (Tabla 2). En el corte C<sub>1</sub>, luego de remover la biomasa aérea y el mantillo, se determinó que aproximadamente el 90% del suelo estaba sin vegetación. La cobertura basal por planta fue significativamente afectada por los tratamientos (Figura 3). La distribución de frecuencias de esta variable varió significativamente entre los años 2017 y 2019 ( $P < 0,05$ ). Al comenzar el trabajo (junio de 2017), aproximadamente el 80% de las plantas tenía una cobertura basal que no superaba 1200 cm<sup>2</sup> y el resto entre 1201 cm<sup>2</sup> y 3200 cm<sup>2</sup> (Figura 3). Dos años después (septiembre de 2019), aproximadamente el 80% de las plantas tenían una cobertura basal que no superaba 400 cm<sup>2</sup> (Figura 3) y no se registraron diferencias significativas entre frecuencias de corte.

**Tabla 1.** Biomasa aérea, valor zootécnico (V.Z.) y porcentaje de la biomasa de las especies dominantes (D), subordinadas (S) y transientes (T) de un pastizal de la Reserva Natural Paititi. Referencias: C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub> son cortes mecánicos. Los valores de biomasa son medias ± EE de 4 repeticiones. Biomasa con letras diferentes indican diferencias significativas entre cortes ( $P < 0,05$ ).

**Table 1.** Aerial biomass, zootechnical value (V.Z.) and biomass percentage of the dominant (D), subordinate (S) and transient (T) species of a grassland in the Paititi Nature Reserve. References: C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub>, mechanical cutting. Biomass average ± SE of 4 replicates. Biomass with different letters indicates significant differences among cuts ( $P < 0.05$ ).

Cortes	Biomasa (g MS/ha)	V.Z.	%D	%S	%T
C <sub>1</sub>	1611,7 ± 189,9 a	1,00	100	-	-
C <sub>2</sub>	352,0 ± 13,6 b	1,27	96,2	-	3,8
C <sub>3</sub>	323,5 ± 35,2 b	0,91	94,7	-	5,3
C <sub>4</sub>	192,3 ± 12,1 a	2,96	68,7	19,5	11,8

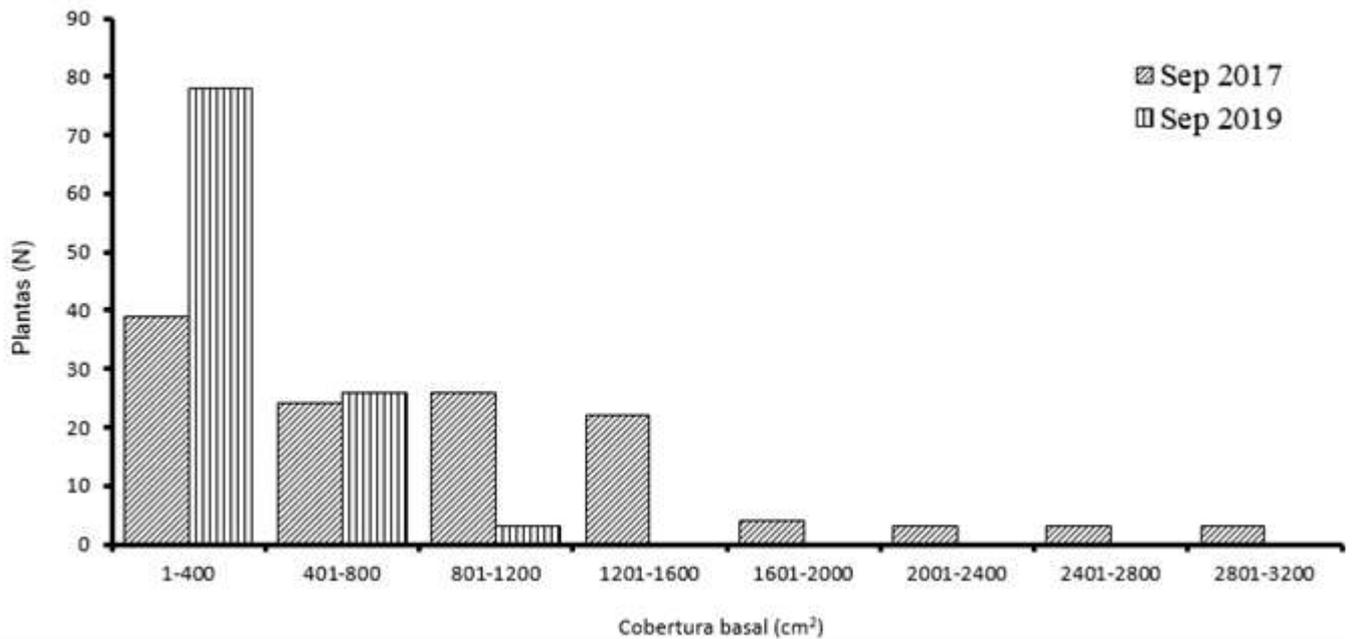
**Tabla 2.** Cobertura basal por parcela, y altura y biomasa de las plantas de *Paspalum quadrifarium* al comenzar el experimento (junio de 2017) y dos años después (septiembre de 2019). Los valores son medias ± EE de 12 repeticiones. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre años para cada variable.

**Table 2.** Basal cover per plot, and height and biomass of the *P. quadrifarium* plants at the beginning of the experiment (June 2017) and two years after (September 2019). Values are average ± SE of 12 replicates.

The same variable with different letters indicates significant differences between years ( $P < 0.05$ ).

Variables	Año 2017	Año 2019
Cobertura basal (%)	10,2 ± 0,7 a	4,3 ± 1,5 b
Altura (cm/pl)	107,6 ± 6,9 a	19,6 ± 3,0 b
Biomasa (g MS/pl)	1309,2 ± 257,1 a	108,8 ± 35,1 b

Cobertura basal (%) = por parcela



**Figura 3.** Plantas de *Paspalum quadrifarium* con diferente cobertura basal creciendo en un pastizal de la Reserva Natural Paititi. Datos tomados en septiembre de 2017 y septiembre de 2019.

**Figure 3.** *Paspalum quadrifarium* plants with different basal cover growing in a grassland of the Paititi Natural Reserve. Dates recorded during September 2017 and September 2019.

### Riqueza

La riqueza varió estacionalmente con la frecuencia de defoliación mecánica. En el verano de 2018 la riqueza fue significativamente mayor en las parcelas con media que con baja frecuencia de corte (Tabla 3). El número total de especies bajo defoliación mecánica no varió con las frecuencias de corte, siendo en promedio de  $28 \pm 0,7$  spp/parcela. Bajo pastoreo, la riqueza no fue significativamente afectada por la historia del manejo, frecuencias de corte. En tal sentido, se presentan los valores medios de riqueza por estación (Tabla 4). El número de especies fue de  $28 \pm 0,9$  spp/parcela. Durante el período sin pastoreo, los valores más bajos de riqueza se registraron en invierno – primavera de 2020 (Tabla 4). En esta condición de manejo, en promedio, la riqueza fue de  $15 \pm 0,7$  spp/parcela. El número total de especies identificadas durante los tres años en las parcelas fue de 79 (más dos identificadas a nivel de género), pertenecientes a 23 familias. Las exóticas, nativas y endémicas representaron el 40%, 53% y 7%, respectivamente. Las especies más numerosas fueron las invernales (64%) que las estivales (36%) (Tabla 5).

Los valores más bajos de riqueza se registraron en las parcelas control. Durante el primer año, el mínimo valor de riqueza se registró en invierno del año 2017 ( $1,5 \pm 0,3$  spp/parcela) y máximo en el verano del año 2018 ( $3,3 \pm 0,5$  spp/parcela). Lo mismo se registró en el segundo año, en invierno del año 2019 ( $1,1 \pm 0,1$  spp/parcela) y en verano del año 2019 ( $3,3 \pm 0,5$  spp/parcela). En el tercer año, el valor más alto fue en otoño del año 2020 ( $3,2 \pm 0,8$  spp/parcela) y el más bajo en primavera del año 2020 ( $1,1 \pm 0,1$  spp/parcela). En esta condición se registraron 23 especies pertenecientes a 10 familias, el 50% fueron nativas y el resto exóticas (Tabla 5).

### Uso agronómico de las especies

La riqueza de especies con un mismo uso agronómico no fue afectada significativamente por las condiciones de manejo, frecuencia de corte mecánico, pastoreo y sin pastoreo ( $P < 0,05$ ). En tal sentido, se presenta para cada condición de manejo, los valores promedios de la riqueza por parcela (Figura 4). Las especies medicinales fueron las más numerosas, les siguieron las comestibles y melíferas. Cabe señalar que algunas especies tienen más de dos usos, por ejemplo, *Foeniculum vulgare* es medicinal, melífera, ornamental y comestible. Las malezas estuvieron bien representadas en todas las parcelas, excepto en las de control (Figura 4).

### Discusión

La riqueza varió con la frecuencia de corte, las parcelas que recibieron defoliación con media frecuencia, en invierno (C1) y en verano (C2), presentaron mayor riqueza que las que recibieron cortes con baja frecuencia (C1). La reducción de la biomasa de *P. quadrifarium* mediante el C1 aplicado a principios del invierno y el alto porcentaje de suelo sin vegetación, generaron condiciones para el establecimiento de las especies propias de la estación, como *Holcus lanatus*, *Briza minor*, *Sonchus oleraceus* y *Senecio madagascariensis*, entre otras, a partir del banco de semillas del suelo y, como en el caso de *Solanum commersonii*, especie estival, también de órganos vegetativos. Con el C2 se redujo la biomasa de las dominantes, *P. quadrifarium* y los cardos, y se establecieron especies estivales, como *Ambrosia tenuifolia*, *Cestrum parqui*, *Convolvulus hermanniae*, *Salpichroa origanifolia*, entre otras. Sin embargo, no se registraron diferencias significativas en la riqueza entre las tres frecuencias de corte y se podría deber a las condiciones climáticas. El tercer corte (C3) fue realizado el 30 de marzo de

**Tabla 3.** Riqueza de especies vegetales en parcelas de 3 x 3 m de un pastizal de la Reserva Natural Paititi durante el período de defoliación mecánica. Referencias: I, invierno; P, primavera; V, verano y O, otoño. Los valores son medias  $\pm$  EE de 4 repeticiones. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos de corte para cada estación.

**Table 3.** Plant species richness average ( $\pm$  SE) in plots of 3 x 3 m in a grassland of Paititi Natural Reserve under mechanical cutting. References: I, winter; P, spring; V, summer and O, fall. Values are average  $\pm$  SE of 4 replicates. Different letters indicates significant differences ( $P < 0.05$ ) among cutting treatment in each season.

Cortes	Defoliación mecánica				
	I 2017	P 2017	V 2018	O 2018	I 2018
C <sub>1</sub>	3,8 $\pm$ 0,2	13,8 $\pm$ 0,6	7,5 $\pm$ 0,6 b	7,3 $\pm$ 0,6 a	5,0 $\pm$ 0,4 a
C <sub>2</sub>	-	-	10,4 $\pm$ 0,9 a	10,0 $\pm$ 1,3 a	5,7 $\pm$ 0,2 a
C <sub>3</sub>	-	-	-	8,5 $\pm$ 0,3 a	5,5 $\pm$ 0,3 a

**Tabla 4.** Riqueza de especies vegetales en parcelas de 3 x 3 m de un pastizal de la Reserva Natural Paititi durante el período con y sin pastoreo. Los valores son medias  $\pm$  EE de 4 repeticiones. La ausencia de letras indica que no hay diferencias significativas ( $P > 0,05$ ).

**Table 4.** Plant species richness (average  $\pm$  SE) in 3 x 3 m plots in a grassland of Paititi Natural Reserve under and without grazing. Values are average  $\pm$  SE of 4 replicates. No letters indicate no significant differences ( $P > 0.05$ ).

Estación	Año	Condición de manejo	Pastoreo
Primavera	2018	Pastoreo	7,4 $\pm$ 0,5
Verano	2018		11,7 $\pm$ 0,5
Otoño	2019		14,2 $\pm$ 0,6
Invierno	2019		10,8 $\pm$ 0,9
Primavera	2019		12,1 $\pm$ 0,7
Verano	2019	Sin pastoreo	13,6 $\pm$ 0,5
Otoño	2020		14,4 $\pm$ 0,5
Invierno	2020		6,1 $\pm$ 0,3
Primavera	2020		5,8 $\pm$ 0,2

2018 y entre marzo y abril de dicho año llovieron aproximadamente 280 mm, lo cual pudo afectar el establecimiento de algunas especies.

Bajo pastoreo, no se registraron diferencias significativas en la riqueza entre las parcelas con diferente historia de frecuencias de corte. Bajo pastoreo, la presencia de suelo sin vegetación fue atribuida al pisoteo de los animales, consistente con las observaciones realizadas por de Villalobos (2016) en pastizales de Sierra de la Ventana (Buenos Aires), bajo pastoreo con caballos cimarrones. Sumado a ello, la baja altura de la biomasa aérea remanente de la vegetación pone en evidencia que las parcelas fueron el lugar de selección de los animales, respecto a la condición C<sub>0</sub>. La menor dominancia de *P. quadrifarium* y de los cardos explica, en C<sub>4</sub>, la presencia de los tres grupos de especies (dominantes, subordinadas y transientes), determinando los altos valores de riqueza durante el verano de 2019 y el otoño de 2020. Sin embargo, los valores de riqueza no se mantuvieron durante invierno y primavera de 2020; lo que se atribuye al crecimiento de *H. lanatus*. Esta especie es una gramínea C<sub>3</sub> de producción otoño-invierno, con alta plasticidad fenotípica para crecer en diferentes ambientes y capacidad de resiembra a partir de su banco de semillas del suelo (López *et al.* 2009; Vignolio *et al.* 2021). Evidentemente, el pastoreo promovió a esta especie, resultado que guarda relación con el trabajo de Jacobo *et al.* (2000) realizado en un pastizal natural de la Pampa Deprimida (Bs. As.). Estos autores utilizaron altas cargas de vacunos para promocionar, a partir del banco de semillas del suelo, a *Lolium multiflorum*, una especie forrajera invernal. Los aportes de biomasa de *H. lanatus*, junto con otras especies, como *Dactylis glomerata*, *Lolium multiflorum* y *Trifolium spp.*,

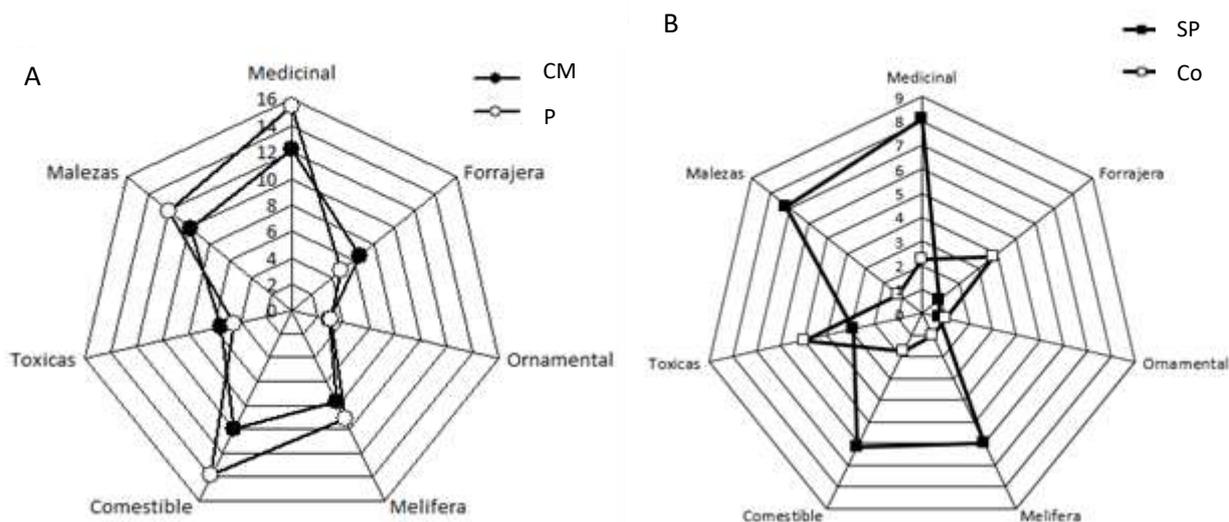
explican el incremento del valor zootécnico del pastizal respecto a la situación inicial, donde *P. quadrifarium* era dominante.

La baja riqueza en las parcelas control fue atribuida a la ausencia de actividad de los herbívoros, en particular por la pobre calidad del pajonal (Latterra *et al.* 1998; Juan *et al.* 2000). La alta biomasa en pie de las plantas de *P. quadrifarium*, la acumulada como broza y la baja radiación fotosintéticamente activa que llega al nivel del suelo, son condiciones ambientales adversas para el establecimiento de las especies a través del banco de semillas (Latterra *et al.* 1994, 1998; Ortega y Latterra 2003; Tognetti y Chaneton 2015). En tal sentido, disturbios que afecten a la morfología de las plantas del pajonal, como el pastoreo, incidirán favorablemente en el establecimiento de las especies (Latterra *et al.* 1998). Los cambios morfológicos en las plantas de *P. quadrifarium*, como la menor cobertura basal y la altura, son esperables en comunidades vegetales bajo pastoreo, como consecuencia de la defoliación y fragmentación de las matas por el pisoteo de los animales (Latterra *et al.* 1994; Pucheta *et al.* 1997; Vignolio *et al.* 2003; Loydi y Distel 2010). Dado que las plantas de *P. quadrifarium* estaban identificadas, descartamos que las plantas de menor cobertura basal correspondan al establecimiento de nuevos individuos (Latterra *et al.* 1994). La menor biomasa aérea de las plantas de *P. quadrifarium* guarda relación con la selección de los animales por el forraje con alto porcentaje de tejido verde y de mayor calidad que en la situación control (Latterra *et al.* 1998; Juan *et al.* 2000).

**Tabla 5.** Especies vegetales identificadas en el pastizal de la Reserva Natural Paititi. Referencia; 1, las especies también establecidas en las parcelas control.

**Table 5.** Plant species identified in the grassland of the Paititi Nature Reserve. Reference: 1, species also established in the control plots.

Amaryllidaceae		Convolvulaceae	
<i>Zephyranthes bifida</i> (Herb.) Nic. García & Meerow		<i>Convolvulus hermanniae</i> L'Hér. <sup>1</sup>	
		<i>Dichondra microcalyx</i> (Hallier f.) Fabris	
Apiaceae		Cucurbitaceae	
<i>Ammi majus</i> L.		<i>Apodanthera sagittifolia</i> (Griseb.) Mart.Crov.	
<i>Cyclospermum leptophyllum</i> (Pers.) Britton & P. Wilson		Cyperaceae	
<i>Conium maculatum</i> L. <sup>1</sup>		<i>Cyperus esculentus</i> L.	
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.		Fabaceae	
		<i>Medicago lupulina</i> L.	
Apocynaceae		<i>Trifolium repens</i> L.	
<i>Oxypetalum solanoides</i> Hook. & Arn.		<i>Trifolium pratense</i> L.	
Asteraceae		Geraniaceae	
<i>Ambrosia tenuifolia</i> Spreng.		<i>Erodium malacoides</i> (L.) L'Hér.	
<i>Arctium minus</i> (Hill) Bernh. <sup>1</sup>		Iridaceae	
<i>Artemisia verlotiorum</i> Lamotte		<i>Herbetia lahue</i> (Molina) Goldblatt	
<i>Baccharis crispa</i> Spreng.		Juncaceae	
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC. ssp. <i>tandilensis</i> (Speg.) Giuliano		<i>Juncus uruguensis</i> Griseb. <sup>1</sup>	
<i>Berroa gnaphalioides</i> (Less.) Beauverd		Lamiaceae	
<i>Carduus acanthoides</i> L. <sup>1</sup>		<i>Mentha pulegium</i> L. <sup>1</sup>	
<i>Centaurea calcitrapa</i> L.		Malvaceae	
<i>Centaurea melitensis</i> L.		<i>Abutilon terminale</i> (Cav.) A.St.-Hil.	
<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten. <sup>1</sup>		<i>Sida rhombifolia</i> L. <sup>1</sup>	
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist		Passifloraceae	
<i>Conyza sumatrensis</i> (Retz.) E. Walker		<i>Passiflora caerulea</i> L. <sup>1</sup>	
<i>Cotula australis</i> (Sieber ex Spreng.) Hook. F.		Poaceae	
<i>Crepis capillaris</i> (L.) Wallr		<i>Briza minor</i> L. <sup>1</sup>	
<i>Facelis retusa</i> (Lam.) Sch. Bip.		<i>Bromus catharticus</i> Vahl var. <i>catharticus</i> <sup>1</sup>	
<i>Gamochoaeta argentina</i> Cabrera		<i>Chascolytrum uniolae</i> (Ness) Essi, Longhi-Wagner & Souza-Chies	
<i>Gamochoaeta coarctata</i> (Willd.) Kerguélen		<i>Dactylis glomerata</i> L. <sup>1</sup>	
<i>Helminthotheca echioides</i> (L) Holub. <sup>1</sup>		<i>Echinochloa cruz-galli</i> (L.) P. Beauv.	
<i>Hypochaeris chillensis</i> (Kunth) Hieron.		<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	
<i>Matricaria chamomilla</i> L.		<i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem.) Link subsp. <i>virescens</i> (J. Presl) S.D. Koch & Sánchez Vega	
<i>Senecio madagascariensis</i> Poir.		<i>Festuca arundinaceae</i> Schreb.	
<i>Senecio selloi</i> (Spreng.) DC.		<i>Holcus lanatus</i> L. <sup>1</sup>	
<i>Soliva sessilis</i> Ruiz & Pav.		<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill		<i>Nassella megapotamica</i> (Spreng. ex Trin.) Barkworth <sup>1</sup>	
<i>Sonchus oleraceus</i> L.		<i>Nassella neesiana</i> (Trin. & Rupr.) Barkworth	
<i>Pseudognaphalium cheiranthifolium</i> (Lam.) Hilliard & B.L. Burt		<i>Paspalum quadrifarium</i> Lam. <sup>1</sup>	
Boraginaceae		<i>Poa annua</i> L. <sup>1</sup>	
<i>Echium plantagineum</i> L.		<i>Poa</i> sp.	
Brassicaceae		<i>Setaria rosenfurtii</i> Nicora <sup>1</sup>	
<i>Lepidium didymum</i> L.		<i>Stipa</i> sp.	
Caprifoliaceae		<i>Thinopyrum ponticum</i> (Podp.) Barkworth & D.R. Dewey	
<i>Dipsacus</i> sp.		Primulaceae	
Caryophyllaceae		<i>Anagallis arvensis</i> L.	
<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.		Solanaceae	
<i>Silene gallica</i> L.		<i>Cestrum parqui</i> L'Hér. <sup>1</sup>	
<i>Stellaria media</i> (L.) Cirillo.		<i>Salpichroa origanifolia</i> (Lam.) Baill. <sup>1</sup>	
<i>Spergula levis</i> (Cambess.) D. Dietr.		<i>Solanum chenopodioides</i> Lam. <sup>1</sup>	
<i>Spergula grandis</i> Pers.		<i>Solanum commersonii</i> Dunal ex Poir. <sup>1</sup>	
Chenopodiaceae		Verbenaceae	
<i>Chenopodium album</i> L.		<i>Verbena bonariensis</i> L. <sup>1</sup>	



**Figura 4.** Esquemas que muestran la riqueza de especies por parcela (3 x 3 m) en un pastizal de la Reserva Natural Paititi según sus usos agronómicos en las distintas condiciones de manejo: A) corte mecánico (CM) y pastoreo (P), y B) sin pastoreo (SP) y el control (Co).

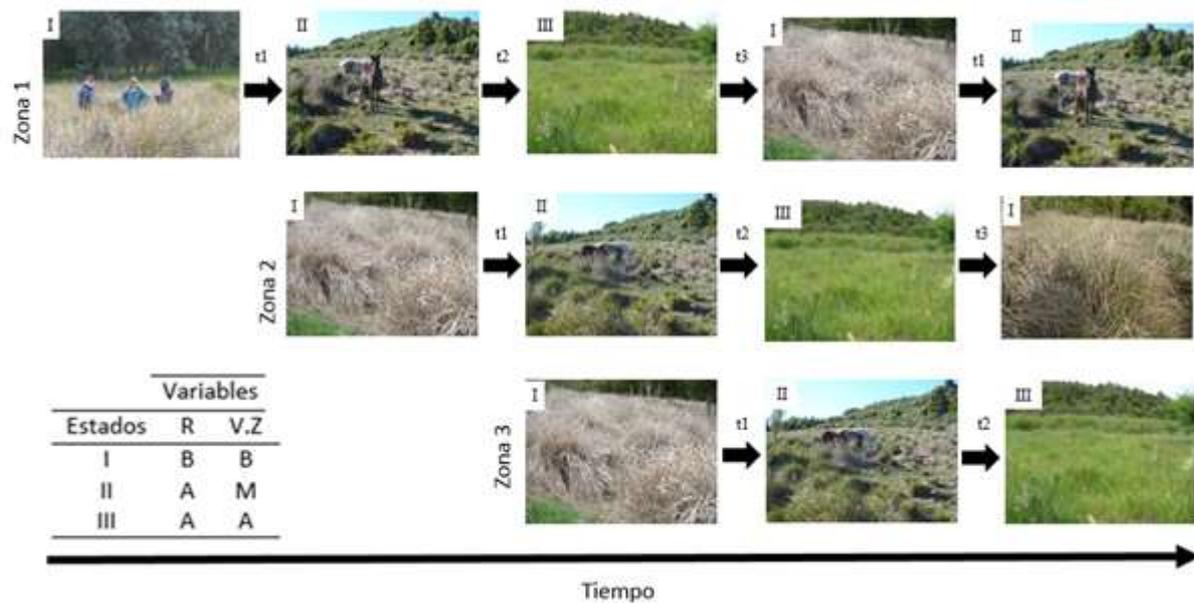
**Figure 4.** Diagrams showing the species richness per plot (3 m x 3m) in a grassland of the Paititi Natural Reserve according to their agronomic use in different management conditions, A) mechanical cutting (CM) and grazing (P), and B) without grazing (CP) and control (Co).

La riqueza de especies con diferentes usos destaca la importancia de conservar los pastizales por los servicios ecosistémicos que éstos brindan (Bengtsson *et al.* 2019). Entre las especies identificadas como recurso fitogenético se destacan las forrajeras y *Solanum commersonii*, una papa silvestre valorada para el mejoramiento de la papa común (Garavano 2018). Las especies medicinales fueron las más abundantes y muchas son melíferas. La flora melífera es fuente de alimento de insectos polinizadores, quienes brindan un servicio en la producción apícola y agrícola de los campos con cultivos aledaños al pastizal. Algunas especies tienen un valor ornamental y son cultivadas con un fin comercial (Alonso *et al.* 2009; Cantero *et al.* 2019). Entre las especies comestibles están aquellas de las cuales se utilizan los tallos (*Centaurea calcitrapa*), hojas (*Sonchus oleraceus*), flores (*Cirsium vulgare*) y semillas (*Foeniculum vulgare*) (Rapoport *et al.* 2009). Por otro lado, el pajonal en el estado control brinda importantes servicios, es refugio de especies vegetales amenazadas y endémicas, por ejemplo de *Facelis retusa*, *Zephyranthes bifida* y *Senecio selloi* (Echeverría *et al.* 2017), es fuente de alimento para la fauna silvestre (Comparatore *et al.* 1996), reduce el establecimiento de especies exóticas invasoras (Lattera *et al.* 1998; Ortega y Lattera 2003; Tognetti y Chaneton 2015) y tóxicas para el ganado como *Solanum glaucophyllum*, *Senecio madagascariensis* y *Cestrum parqui* (Micheloud *et al.* 2017).

#### Propuesta de manejo

Los manejos aplicados en el pastizal modificaron su estructura y funcionamiento a través de cambios en la

riqueza, uso agronómico de las especies, menor dominancia de *P. quadrifarium* y mayor aporte de biomasa *H. lanatus*, lo cual determinó un incremento de la calidad del forraje y otros servicios. Con los resultados obtenidos y la información de los modelos de estados y transiciones aplicados en otros pastizales es posible esbozar una propuesta de manejo para el presente sistema de estudio (Pucheta *et al.* 1997; Lattera *et al.* 1998). La propuesta guarda relación con lo informado por Iriondo *et al.* (2008) y Noy-Meir (2005) respecto al manejo de reservas naturales con pastoreo controlado o cortes, que permitan mantener *in situ* los recursos fitogenéticos bajo ganadería. Si se parte de un pajonal maduro (Estado I), se propone reducir la biomasa en pie de *P. quadrifarium* mediante defoliación, llevar al pastizal a un estado de mayor riqueza y calidad forrajera. Luego, el pastizal es pastoreado durante un tiempo (Estado II). Para permitir la reproducción y recarga del banco de semillas se propone cerrar el pastizal al pastoreo (Estado III). El cierre se puede prolongar hasta alcanzar el estado clímax (Figura 5). También es posible que se interrumpa el estado III y se pase al II. Se propone dividir al pastizal en zonas aplicando este manejo, de manera de tener en un mismo tiempo diferentes estados y sus servicios (Figura 5). En la propuesta aún falta conocer bajo pastoreo, los riesgos de erosión, la producción primaria, la carga animal que soporta el pastizal, la resiliencia del sistema, el impacto sobre la biodiversidad y la propagación de especies exóticas invasoras (Cingolani *et al.* 2008; Tognetti y Chaneton 2015).



**Figura 5.** Modelo de estados (I, II y III) y transiciones (t1, t2 y t3) de un pastizal de la Reserva Natural Paititi dominado por pajonales de *Paspalum quadrifarium* dividido en zonas. Catálogo de estados: I, comunidad clímax, sin pastoreo durante largo tiempo. Alta acumulación de biomasa seca en pie de *P. quadrifarium*, la especie dominante; II, comunidad bajo pastoreo, biomasa verde acumulada, menos dominancia de *P. quadrifarium* y alta contribución de las especies subordinadas y transientes; y III, comunidad cerrada al pastoreo para permitir la recarga del banco de semillas. Catálogo de transiciones: t1, defoliación; t2, cierre al pastoreo, estado temprano de la sucesión y t3, continúa el cierre hasta alcanzar el estado clímax. La tabla muestra en términos comparativos entre estados los valores de la riqueza (R) y el valor zootécnico (V.Z.) del pastizal. B: bajo, M: medio, A: alto.

**Figure 5.** Model of states (I, II y III) and transitions (t1, t2 and t3) of a grassland of the Paititi Natural Reserve dominated by pajonales of *Paspalum quadrifarium* divided in zones. Catalogue of states: I, plant community in climax stage, closed to the grazing during long time. High standing dry biomass of *P. quadrifarium*, the dominant species; II, community under grazing conditions, green biomass accumulation, less dominance of *P. quadrifarium* and high contribution of the subordinate and transient plant species; and III, plant community closed to the grazing and recharge of the soil seed bank. Catalogue of transitions: t1, defoliation; t2, closed to the grazing, pre-climax stage and t3, the grassland is still closed until climax stage. The table shows in comparative terms among the states the richness (R) and zootechnical values (V.Z.). B: low, M: medium, A: high.

## Agradecimientos

A la Lic. María Rosa Desirello, por la lectura crítica del presente artículo, al dueño de la Reserva Natural Paititi, Esteban González Zugasti, por facilitarnos el ecosistema para desarrollar el presente trabajo y al Sr. Sebastián Muñoz por su ayuda en el campo. A la Dra. S. San Martino, por las consultas en temas de estadística. A los evaluadores anónimos de la Revista y a su editor por sus aportes.

## Bibliografía

- Alonso SI, Nuciari MC, Guma IR, van Olphen A (2009) Flora de un área de la Sierra La Barrosa (Balcarce) y fenología de especies con potencial ornamental. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo* 2, 23-44.
- Alonso J, Desmarchelier C (2015) 'Plantas medicinales autóctonas de la Argentina. Bases científicas para su aplicación en atención primaria de la salud'. (Corpus Libros Médicos y Científicos: Buenos Aires).
- Baldi G, Guerschman JP, Paruelo JM (2006) Characterizing fragmentation in temperate South America grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 116, 197-208.
- Bengtsson J, Bullock JM, Egoh B, Everson C, Everson T, O'Connor T, O'Farrell PJ, Smith HG, Lindborg R (2019) Grasslands-more important for ecosystem services than you might think. *Ecosphere* 10, 1-19.

- Cahuépe MA, Hidalgo M, Galatoire A (1985) Aplicación de índice de valoración zootécnica en pastizales de la Depresión del Salado. *Revista Argentina de Producción Animal* 5, 681-690.
- Cantero JJ, Núñez CO, Bernardello G, Amuchástegui A, Mulko J, Brandolín P, Palchetti MV, Iparreguirre J, Virginil N, Espinar LA (2019) 'Las plantas de importancia económica en Argentina'. (UniRío, Universidad Nacional de Río Cuarto: Río Cuarto, Córdoba, Argentina).
- Cingolani AM, Noy-Meir I, Renison DD, Cabido M (2008) La ganadería extensiva, ¿es compatible con la conservación de la biodiversidad y de los suelos? *Ecología Austral* 18, 253-271.
- Comparatore VM, Martínez MM, Vassallo AI, Barg M, Isacch JP (1996) Abundancia y relaciones con el hábitat de aves y mamíferos en pastizales de *Paspalum quadrifarium* (paja colorada) manejados con fuego (Provincia de Buenos Aires, Argentina). *Interciencia* 21, 228-237.
- de Villalobos AE (2016) Efectos de los caballos cimarrones sobre la composición florística y la estructura de los pastizales naturales en las Sierras Australes Bonaerenses. *Ecología Austral* 26, 264-274.
- Echeverría ML, Alonso SI, Comparatore VM (2017) Survey of the vascular plants of Sierra Chica, the untouched area of the Paititi Natural Reserve (southeastern Tandilia

- mountain range, Buenos Aires province, Argentina). *Check List* **13**, 1003-1036.
- Ferrari DM, Pozzolo OR, Ferrari HJ (2009) 'CobCal, software para estimación de cobertura vegetal'. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina.
- Garavano E (2018) 'Estudio de *Solanum commersonii* Dunal en un ecosistema serrano del Sistema de Tandilia (Buenos Aires) para implementar su conservación *in situ*'. MSc. Tesis, FCA, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.
- Ghersa CM, Perelman SB, Burkart SE, Leon RJC (2007) Floristic and structural changes related to opportunistic soil tilling and pasture planting in grassland communities of the Flooding Pampa. *Biodiversity and Conservation* **16**, 1575-1592.
- Grime JP (1998) Benefits of plant diversity to ecosystems immediate, filter and founder effects. *Journal of Ecology* **86**, 902-910.
- Iriondo JM, Maxted N, Dulloo ME (2008) 'Conserving plant genetic diversity in protected areas. Population management of crop wild relatives'. (CABI: Wallingford, UK).
- Jacobo EJ, Rodríguez AM, Rossi JL, Salgado LP, Deregibus VA (2000) Rotational stocking and production of Italian ryegrass on Argentinean rangelands. *Journal Range Management* **53**, 483-488.
- Jacobo EJ, Cadaviz N, Vecchio MC, Rodríguez AM (2020) Estimación del balance de gases de efecto invernadero en sistemas de producción ganadera de la cuenca del río Salado. *Agriscientia* **37**, 15-32.
- Juan VF, Monterroso L, Sacido MB, Cauhépe MA (2000) Postburning legume seeding in the Flooding Pampas, Argentina. *Journal Range Management* **53**, 300-304.
- Kaciliris FP, Berkunsky I, Velasco MA, Cortezezi A (2013) Pastizales serranos del sistema de Tandilia. (Neotropical Grasslands Conservancy: Tandil).
- Laterra P, Ricci L, Vignolio O, Fernández ON (1994) Efectos del fuego y pastoreo sobre la regeneración por semillas de *Paspalum quadrifarium* en la Pampa Deprimida. *Ecología Austral* **4**, 101-109.
- Laterra P, Vignolio OR, Hidalgo LG, Fernández ON, Cauhépe MA, Maceira NO (1998) Dinámica de pajonales de paja colorada (*Paspalum* spp.) manejados con fuego y pastoreo en la Pampa Deprimida Argentina. *Ecotrópicos* **11**, 141-149.
- López IF, Balocchi OA, Kemp PD, Valdés C (2009) Phenotypic variability in *Holcus lanatus* L. in southern Chile: a strategy that enhances plant survival and pasture stability. *Crop Pasture Science* **60**, 768-777.
- Loydi A, Zalba SM (2009) Feral horses dung piles as potential invasion windows for alien plant species in natural grasslands. *Plant Ecology* **201**, 471-480.
- Loydi A, Distel RA (2010) Diversidad florística bajo diferentes intensidades de pastoreo por grandes herbívoros en pastizales serranos del Sistema de Ventania, Buenos Aires. *Ecología Austral* **20**, 281-291.
- Massara Paletto V, Bueno G (2020) Métodos de evaluación de pastizales en Patagonia Sur. (INTA Ediciones: Buenos Aires).
- Micheloud JF, Merop P, Tomas RH, Perotti M, Schuff C (2017) Intoxicación de equinos por *Senecio* sp. en el noroeste argentino. *Revista Veterinaria* **28**, 126-131.
- Miñarro F, Bilenca D (2008) The conservation status of temperate grasslands in central Argentina. Special Report. Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires.
- Noy-Meir I (2005) Producción ganadera y conservación de la biodiversidad: conflictos y soluciones. En "3º Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales Naturales" (Facultad de Agricultura, Universidad Hebrea de Jerusalén e IMBIV).
- Nuciari MC, Guma IR (2009) Inventario preliminar de la flora medicinal de la sierra La Barrosa (Balcarce, Buenos Aires, República Argentina). *Dominguezia* **23**, 13-20.
- Ortega E, Laterra P (2003) Fire-induced colonization of a Flooding Pampa grassland by thistles: Remnant litter and interference effects. *Applied Vegetation Science* **6**, 35-44.
- Pucheta E, Cabido M, Díaz S (1997) Modelo de estados y transiciones para los pastizales de altura de las sierras de Córdoba, Argentina. *Ecotrópicos* **10**, 151-160.
- Rapoport EH, Marzocca A, Drausal BS (2009) 'Malezas comestibles del cono sur y otras partes del planeta'. (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina).
- Roldán M, Carminati A, Biganzoli F, Paruelo JM (2010) Las reservas privadas ¿son efectivas para conservar las propiedades de los ecosistemas? *Ecología Austral* **20**, 185-199.
- Sala O, Paruelo J (1997) Ecosystem services in grasslands. In 'Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems'. (Ed. G Daily) pp. 237-252. (Island Press: Washington DC).
- Sala OE, Yahdjian L, Havstad K, Aguiar MR (2017) Rangeland ecosystem services: nature's supply and humans' demand. In 'Rangeland Systems. Processes, Management and Challenges'. (Ed. DD Briske) pp. 467-489. (Springer Verlag: New York).
- Tilman D, Reich PB, Knops J, Wedin D, Mielke T, Lehman C (2001) Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. *Science* **294**, 843-845.
- Tognetti PM, Chaneton EJ (2015) Community disassembly and invasion of remnant native grasslands under fluctuating resource supply. *Journal of Applied Ecology* **52**, 119-128.
- Valicenti RO, Farina E, D'Alfonso C, Scaramuzzino R (2005) Caracterización fitosociológica de un pajonal serrano de *Paspalum quadrifarium* Lam. en Azul (Provincia de Buenos Aires). *Revista Científica Agropecuaria* **9**, 141-152.
- Vignolio OR, Laterra P, Fernández ON, Linares P, Maceira NO, Giaquinta A (2003) Effects of fire frequency on survival, growth and fecundity of *Paspalum quadrifarium* (Lam.) in a grassland of the Flooding Pampa (Argentina). *Austral Ecology* **28**, 263-270.
- Vignolio OR, Garavano, ME, Diez De Ulzurrun P, Angelini H, Ispizúa VN (2021) Banco de semillas del suelo en un pastizal de una reserva natural del Sistema de Tandilia (Buenos Aires, Argentina) invadido por *Racosperma melanoxylon*. *Ecología Austral* **31**, 390-399.

Yagueddú C, Comparatore VM, Cardinali FJ, Martínez Tosto AC, Bevacqua SV (2006) *Cuphea glutinosa* (Lythraceae) en sierras del Sistema de Tandilia: Morfología y ambiente.

*Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* **41**, 285-292.  
Zalba SM, Villamil CB (2002) Woody plant invasion in relictual grasslands. *Biological Invasions* **4**, 55-72.