

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**MANEJO DE MALEZAS DE CAMPO:
un análisis de la demografía de cardilla (*Eryngium horridum*) y la
composición florística**

por

Amparo QUIÑONES DELLEPIANE

TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Magister en Ciencias Agrarias
opción Ciencias Vegetales

MONTEVIDEO
URUGUAY
Octubre 2016

Tesis aprobada por el tribunal integrado por Ing. Agr. Dr. Pablo Boggiano, Lic. Dra. Daniella Bresciano, Ing. Agr. Dr. Martín Jaurena, Dr. Gerhard Overbeck, el 25 de octubre de 2016. Autora Ing. Agr. Amparo Quiñones. Director Lic. Dr. Felipe Lezama, Co-director Ing. Agr. M.Sc. Néstor Saldain.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a:

Felipe Lezama y Néstor Saldain por orientar mi maestría.

Pablo Boggiano, Gerhard Overbeck, Martín Jaurena y Daniella Bresciano por sus aportes a la construcción del proyecto y a la corrección de este manuscrito.

Walter Ayala y Graciela Quintans por permitirme usar la infraestructura de INIA Treinta y Tres y de la Unidad Experimental Palo a Pique.

Mónica Rebuffo y Fernando Lattanzi que promovieron mi participación en enriquecedoras actividades de formación.

Daniel Formoso por su apoyo en los relevamientos florísticos y por sus consejos. Gastón Fernández, Gerónimo Cardozo y Diego Cáceres por participar en los relevamientos florísticos.

Fernando Reymúndez, Darío Piccioli, Jhon Jackson, Néstor Serrón, Andrés Roldán, por su buena disposición y colaboración en las tareas de campo. También agradezco a los restantes compañeros de Pasturas de INIA Treinta y Tres: Raúl Bermúdez, Gimena Brito, Virginia Pravia y Ethel Barrios.

Belky Mesones por apoyarme en la búsqueda de material bibliográfico.

A mi familia, en especial a Gastón y a mis amigos.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	VI
SUMMARY	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. EL MANEJO DE CAMPO NATURAL: ALGO MÁS QUE PASTOREO	1
1.1.1. <u>Objetivos e hipótesis</u>	3
1.2. MARCO CONCEPTUAL	4
1.2.1. <u>El manejo de pastizales</u>	4
1.2.2. <u>Las malezas de pastizales</u>	5
1.3. ANTECEDENTES	9
1.3.1. <u>Características generales del campo natural en Uruguay</u>	9
1.3.2. <u>Las malezas nativas del campo natural</u>	10
1.3.3. <u>Cardilla</u>	11
1.3.3.1. Descripción de la planta	11
1.3.3.2. Distribución	12
1.3.3.3. Ciclo	13
1.3.3.4. La cardilla como maleza y su control	15
2. <u>DEMOGRAFÍA DE POBLACIONES DE CARDILLA BAJO CONTROL QUÍMICO, MECÁNICO E INTEGRADO EN UN CAMPO NATURAL</u>	19
2.1. RESUMEN	19
2.2. SUMMARY	20
2.3. INTRODUCCIÓN	21
2.4. MATERIALES Y MÉTODOS	23
2.4.1. <u>Área de estudio</u>	23
2.4.2. <u>Diseño experimental y prácticas de control de cardilla</u>	23

2.4.3. <u>Obtención de los datos</u>	25
2.4.4. <u>Análisis estadístico</u>	25
2.5. RESULTADOS.....	26
2.5.1. <u>Cobertura de cardilla</u>	26
2.5.2. <u>Densidad de rosetas</u>	28
2.5.3. <u>Estructura de tamaño de rosetas</u>	29
2.6. DISCUSIÓN.....	33
2.6.1. <u>Implicancias prácticas</u>	34
2.7. CONCLUSIONES	35
2.8. BIBLIOGRAFÍA	36
3. <u>INFLUENCIA DEL CONTROL DE CARDILLA EN LA ESTRUCTURA DE UNA COMUNIDAD DE CAMPO NATURAL</u>	39
3.1. RESUMEN.....	39
3.2. SUMMARY.....	40
3.3. INTRODUCCIÓN.....	41
3.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	43
3.4.1. <u>Área de estudio</u>	43
3.4.2. <u>Diseño experimental</u>	43
3.4.3. <u>Obtención de los datos</u>	44
3.4.4. <u>Análisis estadístico</u>	44
3.5. RESULTADOS.....	45
3.6. DISCUSIÓN.....	50
3.7. BIBLIOGRAFÍA	54
4. <u>DISCUSIÓN GENERAL</u>	60
5. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	65
6. <u>ANEXOS</u>	79

RESUMEN

Actualmente se acepta que el manejo sustentable de malezas de campo natural debe estar comprendido en una estrategia general de manejo de la vegetación. En ella, la supresión de la/s maleza/s debe complementarse con la promoción de las especies deseadas. Desde esta perspectiva, la cuantificación del éxito del control trasciende la reducción de la abundancia de la maleza a corto plazo. También deben ser contemplados los efectos positivos (directos e indirectos) que las malezas podrían ejercer sobre otras especies de interés, así como los posibles efectos colaterales de las técnicas empleadas (p. ej. liberación de recursos que faciliten a las especies invasoras). La cardilla (*Eryngium horridum*) se ha destacado por ser una de las malezas nativas de campo natural más problemática. Sus plantas son rosetas espinosas que crecen en densos manchones y reducen el área de pastoreo. Además es de difícil control debido a su gran capacidad de rebrote. En contrapartida, la cardilla brinda refugio a gramíneas poco tolerantes al pastoreo, algunas de valor forrajero. Por tanto, la dinámica poblacional de cardilla debe ser contemplada en el diseño de esquemas de manejo. En este contexto, se realizó un experimento de campo donde se evaluaron tres métodos de control: químico (2,4-D + picloram; CQ), mecánico (llanta lastrada; CM) e integrado (secuencia CM-CQ-CM; CI), y un testigo sin control (SC). Se relevaron los efectos de los tratamientos sobre la composición florística y funcional del campo natural (2013-2014) y sobre la cobertura de cardilla y la densidad de rosetas (2013-2015). Los tres métodos redujeron rápidamente la cobertura de cardilla. Sólo CQ y CI disminuyeron la densidad de rosetas, resultando en una menor cobertura de cardilla en los 16 meses post-control. CM y SC no fueron significativamente diferentes en densidad de rosetas. Por su parte, la comunidad vegetal fue modificada de forma similar por los tres métodos de control. Los cambios más importantes fueron el aumento de la cobertura de gramíneas, particularmente de las tolerantes al pastoreo, y la disminución de la cobertura de subarbustos. La cobertura de las gramíneas poco tolerantes al pastoreo, de las especies anuales, y de las exóticas no fue afectada por los métodos de control. Se concluye que el control de cardilla no deterioró la condición de la comunidad vegetal en el corto plazo.

Palabras clave: pastizal, biodiversidad, caraguatá, malezas de campo sucio

WEED MANAGEMENT IN NATURAL CAMPOS
a *cardilla* demography and floristic composition analysis under different
control methods

SUMMARY

Nowadays it is widely accepted that sustainable weed management in natural grasslands must be part of a general vegetation management strategy. In that strategy, weed suppression must be complemented with the promotion of desired species. From that perspective, quantification of control success goes beyond short term weed reduction. For example, direct and indirect positive effects that weeds might have on other valuable species must be contemplated, as well as side effects of the employed techniques (e.g. resource release that might facilitate invasive species). Among the indigenous weed group, *cardilla* (*Eryngium horridum*) is highlighted due to the problems that can cause. *Cardilla*, a thorny rosette, grows in dense patches and reduces grazing area. Besides, *cardilla* has high tolerance to control methods given by its high resprout capacity. However, it also gives refuge to grasses with low tolerance to grazing, some of them with high forage value. So, the design of management plans requires better knowledge of its population dynamics. Within this context, a field experiment was performed where three control methods were evaluated: chemical (2,4-D+picloram, CC), mechanical (weighted rim, MC) and integrated (sequence MC-CC-MC, IC)– plus a no treatment control (NC). Floristic and functional grassland composition (2013-2014) and cover and rosette density (2013-2015) were recorded. *Cardilla* cover was rapidly reduced by all three control methods. Only in CC and IC the rosette density was reduced, which resulted in lower *cardilla* cover in those treatments over the 16 months post-control. Natural grassland community was affected similarly by the three control methods evaluated. Most important changes were grass cover increase, specially of grazing tolerant grasses, and shrub cover reduction. Control methods did not affect cover of grasses with low grazing tolerance, nor annual or exotic species cover. We conclude that *cardilla* control did not degraded plant community in the short term.

Keywords: grassland, biodiversity, *caraguatá*, dirty campo weed

1. INTRODUCCIÓN

1.1 EL MANEJO DE CAMPO NATURAL: ALGO MÁS QUE PASTOREO

Los pastizales ocupan el 25% de la superficie terrestre y tienen un rol clave para la humanidad en cuanto a la producción de carne y fibra. Además, proveen de otros servicios ecosistémicos, entre los que se destacan el mantenimiento de la biodiversidad, el secuestro de carbono, la regulación de la emisión de gases de efecto invernadero y el mantenimiento de la calidad del agua (Lemaire et al. 2011, Gibson 2009). Los pastizales del Río de la Plata abarcan 750.000 km² y tienen dos subregiones: las Pampas (centro-este de Argentina) y los Campos (Uruguay, sur de Brasil y este de Argentina) (Soriano et al. 1992). Dichos pastizales representan el principal componente de los pastizales templados de Sudamérica y contienen una excepcional riqueza de flora y fauna que se encuentra amenazada por las transformaciones en el uso del suelo (Andrade et al. 2015, Baldi et al. 2006, Sala et al. 2000).

En Uruguay, al igual que en el resto de la región, la mayoría de los pastizales tienen como uso principal la provisión de forraje en sistemas ganaderos extensivos. La ganadería es una de las actividades económicas tradicionales del país, sin embargo el crecimiento de la agricultura y la forestación condujo a la sustitución de hábitat en 1.150.000 ha de campo natural en la década del 2000 (DIEA 2013, 2001). La creciente preocupación por este fenómeno, junto con el incremento de las evidencias de la relevancia de los servicios ecosistémicos que provee (p.ej. Wilson et al. 2012, Nabinger et al. 2011, Piñeiro et al. 2006), condujo a la revalorización del campo natural en diversas esferas. Un ejemplo de ello es la creación en 2012 de la Mesa de Ganadería sobre Campo Natural, un ámbito integrado por el gobierno e instituciones de investigación. También el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) tiene la conservación del campo natural como objetivo, y este recurso ocupa la mitad de la superficie terrestre de las áreas protegidas (Salazar y Scarlato 2012). Actualmente en el SNAP hay 90.000 ha de campo natural, pero solo en 3 de las 14 áreas hay planes de manejo definidos. Esta situación enfatiza el rol de los

productores ganaderos como agentes responsables de la gestión del campo natural, para ello deben "producir conservando y conservar produciendo". Esta meta se alcanzará si las instituciones que generan y/o validan tecnologías consideran los efectos de las prácticas de manejo en la biodiversidad (SNAP 2016, Oyhantçabal 2014).

En ese contexto, los estudios sobre la estructura y funcionamiento de la comunidad vegetal (Lezama et al. 2014, Altesor et al. 2006, 2005) y la productividad primaria y secundaria de los sistemas (Soca et al. 2013, Risso et al. 2005) se han centrado en el manejo del pastoreo. Otras prácticas que también modifican la vegetación han recibido menos atención, y probablemente el manejo de malezas sea la disciplina menos vinculada a la nueva concepción de manejo del campo natural. La falta de conexión entre la heterogeneidad temporal y espacial de los pastizales y el manejo de malezas también ha sido reportada en otras regiones (Fuhlendorf et al. 2009). El enfoque reduccionista de las malezas (centrado en el control de corto plazo) puede promover prácticas de control que, directa o indirectamente, degraden la comunidad y exacerben el problema a largo plazo (Radosevich et al. 2007, Sheley et al. 2006). Por tanto, es preciso adecuar los estudios de manejo de malezas a un nuevo objetivo; modificar la comunidad vegetal hacia un estado "saludable", resistente al enmalezamiento, que incremente la producción de forraje y que mantenga las condiciones para el desarrollo de la fauna nativa (Sheley et al. 1996).

La cardilla o caragatá (*Eryngium horridum* Malme) constituye un modelo interesante para la evaluación de los efectos colaterales del manejo de malezas en campo natural. La cardilla es una hierba nativa que crece en forma de roseta y tiene hojas escleromorfas y espinosas (Burkart y Bacigalupo 2005) y que tolera el fuego y el pastoreo (Fidelis et al. 2008, Altesor et al. 1998). Por su baja palatabilidad la cardilla actúa como refugio anti-herbivoría (sensu Milchunas y Noy-Meir 2002) para especies poco resistentes al pastoreo, entre ellas gramíneas cespitosas de elevado valor forrajero (Noëll et al. 2013, Fidelis et al. 2009). Cuando forma densos manchones en el campo reduce notoriamente la superficie efectiva de pastoreo y los

productores ganaderos suelen controlarla química y/o mecánicamente (Carámbula et al. 1995). La implementación de éstas prácticas de control podría perjudicar la diversidad funcional de los campos al afectar a las gramíneas decrecientes en pastoreo. La elección de la especie también se sustenta en la dificultad que presenta su control, siendo necesario ahondar en la comprensión del proceso de regeneración poblacional para diseñar estrategias de manejo a mediano y largo plazo.

1.1.1. Objetivos e hipótesis

Los objetivos generales de este trabajo son:

- i) analizar la dinámica de la cobertura de cardilla en respuesta a la aplicación de métodos químicos, mecánicos e integrados de control y su relación con la estructura poblacional de la especie.
- ii) evaluar los cambios a corto plazo en la composición florística y funcional de un campo natural luego de implementados dichos métodos de control.

La hipótesis de trabajo es que el control de cardilla modifica la estructura del campo natural a escala local. Dado que la disminución de los parches de cardilla aumenta el área efectiva de pastoreo, se espera la reducción en la abundancia de las gramíneas decrecientes frente al pastoreo (de baja resistencia por consumo selectivo y/o no tolerantes a la defoliación) y el aumento tanto de las gramíneas crecientes en pastoreo como de las especies anuales y las exóticas y del suelo descubierto.

1.2. MARCO CONCEPTUAL

1.2.1. El manejo de pastizales

De acuerdo a Allen et al. (2011) el manejo de pastizales (que en sentido amplio incluye *rangelands*, *grasslands*, *pasturelands*) es la manipulación del complejo suelo-planta-animal en búsqueda de un resultado deseado. Inicialmente, a principios del siglo 20, el objetivo del manejo de pastizales era revertir la degradación del suelo y de la vegetación ocasionados por la falta de control en el pastoreo, lo que causaba importantes pérdidas productivas en varias regiones del mundo, como el oeste de

Estados Unidos, China y Argentina. Para ello, la principal herramienta era la manipulación de la intensidad, momento y frecuencia de pastoreo. Actualmente los objetivos son más amplios y contemplan tanto la provisión de bienes (p. ej. carne y lana) como de servicios ecosistémicos (p. ej. conservación de la biodiversidad, fijación de carbono y mantenimiento de la calidad del agua) en los niveles demandados por la sociedad de forma sostenida en el tiempo (Holechek et al. 1995). Además del manejo del pastoreo y del uso del fuego, la modificación de la vegetación en la actualidad incluye el control de especies no deseadas (p.ej. exóticas e invasoras), la inclusión de especies y el agregado de fertilizantes (Heady y Child 1994).

Bajo el enfoque actual predominante, los pastizales son concebidos como sistemas socio-ecológicos complejos que pueden ser analizados desde tres dimensiones: biofísica, técnica-productiva y socio-económica (Aguiar 2005). La **dimensión biofísica** relaciona los atributos de estructura, composición y funcionamiento de la biodiversidad (Noss 1990) con el ambiente físico y biótico. La **dimensión técnico-productiva** es la que incluye las herramientas, técnicas y manejos aplicados para modificar la estructura y el funcionamiento de los pastizales. La **dimensión socio-económica** es aquella que contempla los aspectos políticos, culturales y económicos. Si bien las tres dimensiones debieran considerarse en simultáneo, lo cierto es que en la práctica la dimensión biofísica incide poco en las otras dos dimensiones, y es la menos importante en determinar el uso que se les da a los pastizales. En la actualidad, la definición del manejo de pastizales se realiza con una visión de corto plazo considerando los aspectos productivos y su resultado económico (Figura 1).

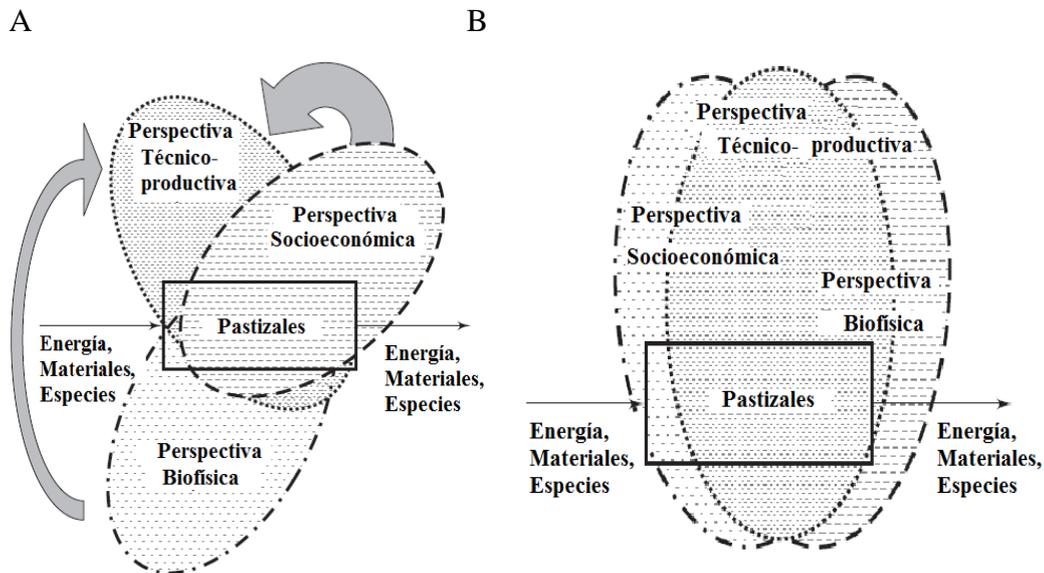


Figura 1 - Esquema de las tres dimensiones de análisis de los pastizales en A) la situación actual y en B) el escenario deseable. Extraído de Aguiar (2005).

1.2.2. Las malezas de los pastizales

Una maleza es una planta que causa perjuicios económicos, daños ecológicos, crea problemas de salud a humanos o animales o es indeseada en el lugar que está creciendo (WSSA 2016). Según Rejmánek (2000) el concepto de maleza ofrece una perspectiva netamente antrópica y se solapa con el de especie colonizadora y naturalizada. Las especies colonizadoras se definen desde una perspectiva ecológica como aquellas pioneras en la sucesión. Las especies naturalizadas se definen desde una perspectiva biogeográfica como las que son capaces de establecerse y dispersarse en zonas diferentes de la de su origen. Dentro de ésta categoría se encuentran las plantas invasoras, que pueden ser exóticas o nativas.

Una forma habitual de categorizar a las malezas es según el hábitat que invaden. Holzner (1982) propone las siguientes categorías: agrestes (malezas en sistemas agrícolas); ruderales (malezas de bordes de ruta y zonas muy perturbadas); malezas de pastizales; malezas acuáticas; malezas forestales y malezas ambientales (aquellas que suprimen a la vegetación nativa). Esta clasificación también se aplica porque una especie puede ser deseada o no según la localización y las circunstancias

en que desarrolla (una maleza no siempre es indeseada). Por tanto, en la tipificación de maleza deben ser considerados los efectos en la diversidad y en la provisión de servicios ecosistémicos (Ehrenfeld 2010), el sistema de producción, la localización y la abundancia relativa de la especie, así como la aptitud de uso del suelo que ocupan (Radosevich et al. 2007, Booth et al. 2003).

En los pastizales existen diversos tipos de malezas y dentro de sus principales impactos se encuentran: interferencia con el pastoreo, disminución del rendimiento y de la calidad del forraje, aumento de los costos de manejo, disminución de la ganancia animal, merma de la calidad de la carne y lana y también intoxicación del ganado. Además las malezas pueden disminuir el valor recreacional de la tierra (DiTomaso 2000). También se han reportado impactos ambientales más severos, como por ejemplo la modificación de las propiedades del suelo y la aceleración del proceso de erosión (Lacey et al. 1989).

El manejo de malezas debe estar comprendido en una estrategia general de manejo de la vegetación que incluye la promoción de las especies deseadas y la supresión de las no deseadas (Heady y Child 1994). El manejo de malezas abarca tres abordajes: prevención, control y erradicación. La prevención involucra el uso de prácticas culturales para inhibir o retrasar el establecimiento de malezas en nuevas áreas, por ejemplo a través del uso de ganado que no haya pastoreado en zonas enmalezadas. El control es la reducción o supresión de las malezas en un área definida. La erradicación comprende la eliminación total de las malezas de un potrero, zona o región, aunque este objetivo difícilmente se alcanza.

Los métodos generales de control de malezas se tipifican en: físico, cultural, biológico y químico. Los métodos físicos incluyen las técnicas que arrancan, cortan, entierran, ahogan, o queman la vegetación. Los métodos culturales son los que ocurren durante el ciclo normal de producción y buscan prevenir la presencia de la maleza y/o el incremento de la habilidad competitiva del tapiz. El control biológico involucra el uso de organismos vivos y no busca necesariamente la muerte de la

planta sino disminuir la habilidad reproductiva o competitiva de la maleza. El control químico se basa en el uso de herbicidas para suprimir la vegetación no deseada. La decisión sobre la implementación de uno de éstos métodos de control depende de tres elementos estrechamente ligados; la respuesta de la maleza al control, la oportunidad de aumentar la productividad, y la rentabilidad (Radosevich et al. 2007).

Según Sheley et al. (1996) eliminar las malezas no es un objetivo adecuado, especialmente para infestaciones de gran escala. En cambio un objetivo general debiera ser desarrollar una comunidad vegetal relativamente resistente a los enmalezamientos y que simultáneamente concrete los múltiples objetivos de los pastizales (p.ej. producción de forraje, mantenimiento biodiversidad). Los autores proponen la adopción de un modelo mecanicista basado en las causas y procesos que rigen la sucesión vegetal. Este modelo ha sido aplicado mayormente en la recuperación de pastizales dominados por plantas invasoras y se destaca por su potencial para predecir el resultado de planes de manejo (Sheley et al. 2006, Krueger-Mangold et al. 2006).

El **manejo sucesional de malezas** tiene tres componentes: la aplicación de perturbaciones, el control de la colonización y el control del desempeño de las especies. La aplicación de perturbaciones inicia la nueva trayectoria de la comunidad y se basa en la creación o eliminación de los sitios de crecimiento. Incluye actividades como el uso del fuego, la aplicación de herbicidas (selectivos o no selectivos), el pastoreo y la inclusión de especies. El control de la colonización es la promoción o supresión del establecimientos de alguna/s especie/s. Se basa en la modificación del banco de semillas y la presión de propágulos, así como la regulación de los sitios para la germinación y el establecimiento de dichas especies. Algunos ejemplos de las medidas de este componente son el uso de insectos para reducir la producción de semillas y la prevención de la diseminación de semillas por vehículos. El control del desempeño de las especies incluye la manipulación de su crecimiento y reproducción. Las técnicas que se usan en este componente son el control químico, mecánico, biológico de malezas y el cambio en la disponibilidad de

recursos para el crecimiento (p.ej. nutrientes). El manejo sucesional de malezas propuesto por Sheley et al. (1996) puede basarse exclusivamente en un componente o como una secuencia alternada de éstos (Figura 2).

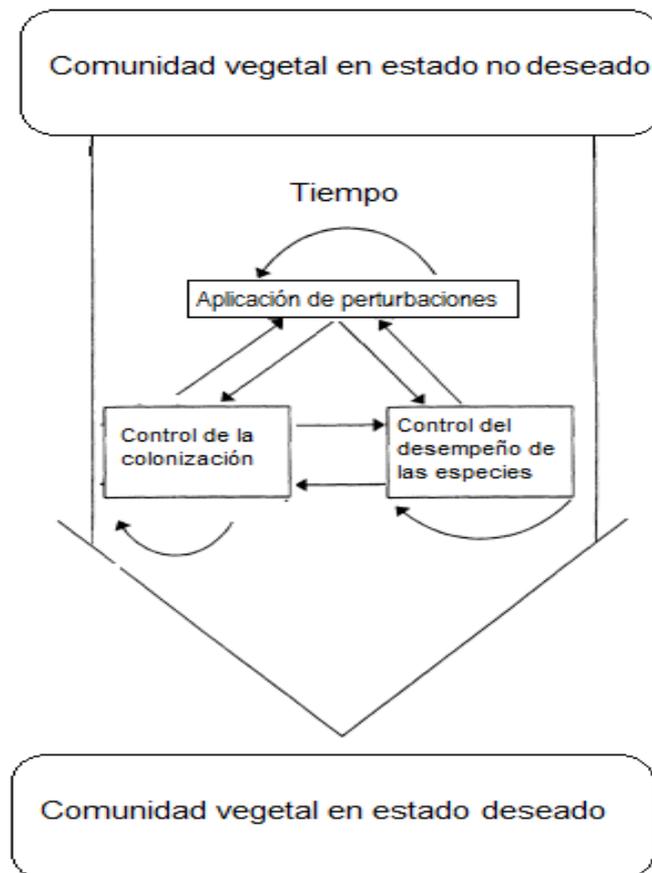


Figura 2 - Componentes del modelo del manejo sucesional de malezas. Extraído de Sheley et al. (1996).

1.3. ANTECEDENTES

1.3.1. Características generales del campo natural en Uruguay

Los Campos son el tipo de vegetación predominante en Uruguay y se componen mayormente de gramíneas y también tienen hierbas y pequeños arbustos y ocasionalmente árboles (Allen et al. 2011). Los campos son la base forrajera de la ganadería extensiva vacuna y ovina, particularmente en la fase de cría y recría y en la producción de lana. El campo natural ocupa 10.518.000 ha que representan el 64 % de la superficie agropecuaria y está distribuido en 36.000 establecimientos ganaderos (DIEA 2013).

La familia botánica más numerosa es la Gramineae (ca. 320 especies Zuloaga et al. 2008, Rosengurtt et al. 1970) y las especies dominantes son las perennes de crecimiento estival (C4), aunque también son frecuentes las perennes invernales (C3) (Altesor et al. 2006). Otras familias presentes en el campo son *Compositae*, *Leguminosae*, *Cyperaceae*, *Umbelliferae*, *Rubiaceae*, *Plantaginaceae* y *Oxalidaceae*. Las leguminosas herbáceas nativas están representadas por numerosos géneros (p.ej. *Trifolium*, *Adesmia*, *Desmodium*, *Desmanthus*, *Galactia*) aunque su frecuencia suele ser baja (Royo Pallarés et al. 2005).

Los campos naturales exhiben una gran heterogeneidad espacial y temporal en sus atributos estructurales y funcionales, debido a la influencia de factores bióticos y abióticos. A escala nacional la heterogeneidad florística se relaciona con las regiones geomorfológicas y con variaciones macro-topográficas y edáficas (Lezama et al. 2011). A escala local, incide la micro-heterogeneidad ambiental, las interacciones entre especies y formas de vida (Rosengurtt 1943), la presencia de herbívoros domésticos (Rodríguez et al. 2003) y su forma de manejo (Jaurena et al. 2011). La variabilidad temporal se ha asociado al clima, particularmente la productividad primaria del campo se ha relacionado con las precipitaciones en el período primavero-estival (Bermúdez y Ayala 2005).

1.3.2. Las malezas nativas del campo natural

Las principales malezas del campo natural, desde la visión de los productores ganaderos, son especies nativas. Rosengurtt (1979) estableció tres categorías de malezas: de campo sucio, menores y enanas. Las malezas de campo sucio y las malezas menores son especies de baja apetecibilidad, limitada frecuentemente a la etapa juvenil. Las malezas enanas son plantas de dimensiones mínimas en relación a las especies de mayor productividad que se desarrollan en el mismo lugar. Esta categoría no aplicaría en suelos superficiales donde no crecen especies productivas. Las malezas de campo sucio, a diferencia de las malezas menores, son las que por su mayor porte ocultan terneros y corderos.

Las malezas de campo sucio presentes en Uruguay son cerca de 40 especies, pertenecientes a diferentes familias e incluyen hierbas altas, arbustos, sub-arbustos, arbolitos. Un rasgo común en estas malezas es que tienen mecanismos para evitar la herbivoría (espinas, producción de compuestos secundarios) y/o estructuras de reserva subterráneas, lo que determina su incremento en condiciones de pastoreo (Altesor et al. 1998). Con frecuencia los productores ganaderos aplican medidas de control mecánicas y químicas para reducir la abundancia de estas malezas.

Pero las malezas de campo sucio tienen un rol positivo en la conservación de la biodiversidad. Por ejemplo, la cardilla ofrece refugio a especies con baja tolerancia al pastoreo (Noëll et al. 2013, Fidelis et al. 2009) y la chilca (*Acanthostyles buniifolius*) reduce el estrés térmico a gramíneas C3 en verano (Fernández et al. 2014). Por lo que el control de éstas malezas podría tener efectos colaterales negativos (Rodríguez y Jacobo 2010) lo que supondría un conflicto entre la dimensión biofísica y la técnico-productiva. Lamentablemente, la mayoría de la investigación sobre dichas malezas se ha realizado de forma fragmentada, los estudios de manejo agronómico por un lado y los de ecología por otro. Este estudio aborda solo una de las múltiples aristas del problema: si hay un deterioro de la condición de un campo en buen estado de conservación por el hecho de controlar la cardilla.

1.3.3. Cardilla

1.3.3.1. Descripción de la planta

La cardilla o caraguatá (*Eryngium horridum* Malme) es una planta perenne, robusta, de 0,8 a 2 m de altura, con roseta basal y hojas caulinares numerosas, divergentes hasta dirigidas hacia abajo. Posee rizoma oblicuo y grueso. Las hojas basales miden hasta 65 cm de largo y 2 cm de ancho (en la base) son lineales, angostadas hacia arriba, acuminadas con espinas en el margen, generalmente geminadas y divergentes, y de 4 a 12 mm de longitud. El tallo mide 2 cm de diámetro y las hojas caulinares son similares a las basales, aunque menores, las inferiores son del largo o más largas que los entrenudos, disminuyendo hacia arriba, siendo las superiores más cortas que los entrenudos. Capítulo de aproximadamente 12 mm de longitud, globoides u ovoides, en umbela terminal 4-7 radiada de cimas 2-3 veces ramificadas, generalmente sin capítulo central y numerosas cimas laterales menores en las axilas de las hojas superiores (Burkart y Bacigalupo 2005).

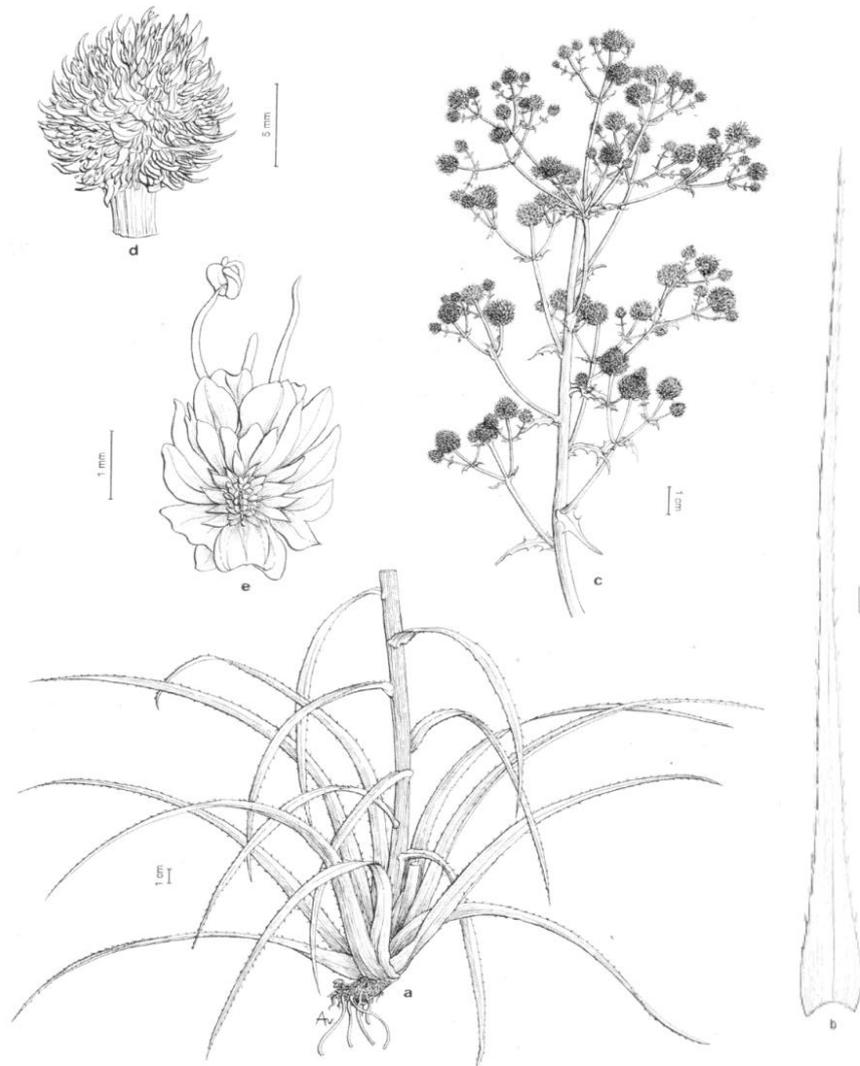


Figura 3 - Cardilla a) base del tallo b) hoja c) inflorescencia d) capítulo e) mericarpo con restos florales. Extraído de Burkart y Bacigalupo (2005).

1.3.3.2. Distribución

El género *Eryngium* L. de la familia Umbelliferae es casi cosmopolita (excepto Asia y África tropical), con aproximadamente 230 especies, que se concentran mayoritariamente en la parte oriental cálida de Sudamérica. *Eryngium horridum* se distribuye por el sur de Brasil (del estado de San Pablo al sur), Paraguay, Uruguay y litoral de Argentina (Burkart y Bacigalupo 2005, Judd et al. citados por Fidelis 2004).

1.3.3.3. Ciclo

La emergencia de semillas se da en otoño y las plantas permanecen en estado vegetativo hasta el año siguiente. En el primer año y hasta el segundo invierno la planta aumenta de tamaño. Con el inicio de las heladas se detiene el crecimiento aéreo y la biomasa verde se transforma en material marcescente, durante ese período aumenta la biomasa en raíces y rizoma. El mayor crecimiento de la planta se da a partir de setiembre con un rápido crecimiento de las hojas en octubre y noviembre. El vástago floral emerge a fines de octubre o principios de noviembre y alcanza su máxima altura a los 60 días. Entre un 10 y 30% de las rosetas florecen y la producción de semillas es elevada, de 15.000 a 40.000 semillas/planta (Cámpora 1985). La dehiscencia ocurre en el período de febrero-marzo. El desbloqueo de la dormición de la semilla requiere de la alternancia de temperaturas y luz y la germinación ocurre fundamentalmente en otoño (Heguy y Vecchio 2015). La viabilidad a campo de las semillas es menor a un año (Lallana 2007). Después de la fructificación, la roseta basal comienza a secarse, se rompe la dominancia apical y de la axila del vástago floral emergen nuevos rebrotes provenientes de las yemas del rizoma. La reproducción asexual da origen a la fisonomía típica de la cardilla en el campo de crecimiento en manchones. A pesar de la inversión de la planta en la reproducción sexual las plántulas de cardilla no suelen prosperar en tapices densos, siendo la reproducción asexual la principal forma de propagación de la especie en el campo natural (Fidelis et al. 2008, Lallana 2007). Ver Figura 4.

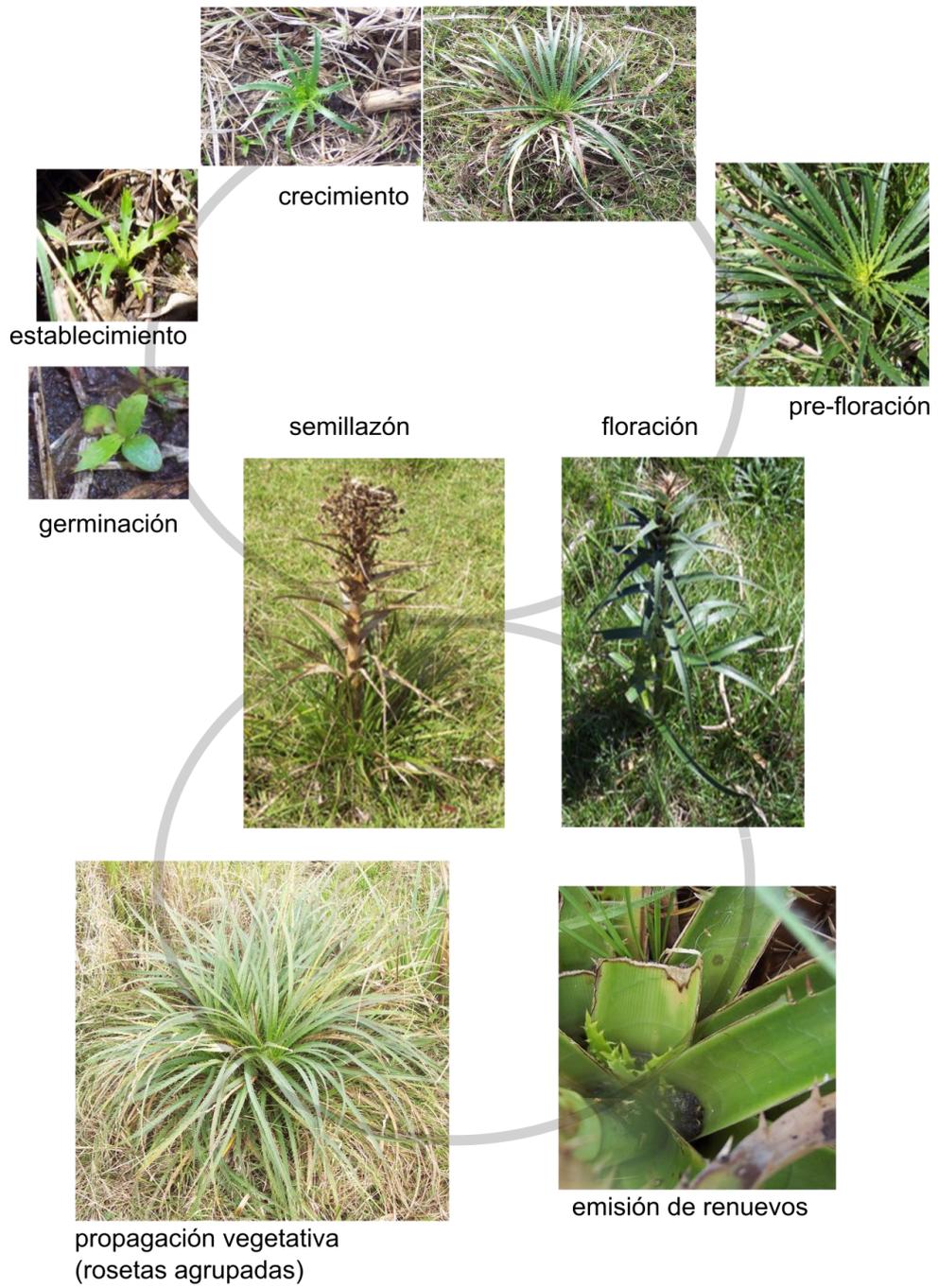


Figura 4 - Ciclo de cardilla. Fase sexual en el círculo superior y asexual en el inferior.

1.3.3.4. La cardilla como maleza y su control

La cardilla es considerada por los productores ganaderos como una de las malezas más perjudiciales, principalmente por la reducción de la superficie efectiva de pastoreo (Carámbula et al. 1995) (Figura 5 izquierda). Su habilidad competitiva también afectaría la producción de forraje del campo natural (Montefiori y Vola 1991). Durante la primavera y el verano genera un inconveniente adicional; sus vástagos florales ocultan categorías de ganado sensibles como corderos y terneros (Figura 5 derecha). Además, es muy tolerante a una de las herramientas de uso tradicional en predios ganaderos extensivos, como es la máquina rotativa. La capacidad de sobrevivencia de la cardilla se sustenta en su potente rizoma, la muerte de la parte aérea generalmente es sucedida por el rebrote desde las numerosas yemas axilares (Lallana 2007) (Figura 6).



Figura 5 - Manchones de cardilla (izquierda) y vástagos florales (derecha).



Figura 6 - Rosetas creciendo del mismo rizoma (izquierda) y rebrote posterior a la muerte de la roseta principal (derecha).

En la región durante décadas se han llevado a cabo experimentos con el objetivo de controlar la cardilla en campo natural, se han evaluado mayoritariamente métodos físicos, químicos o una combinación de éstos. El uso del **fuego** no es recomendado para el control de cardilla ya que la reducción de la cobertura es transitoria y las poblaciones se regeneran rápidamente (Fidelis et al. 2008). Incluso, el fuego podría ser contraproducente ya que el suelo descubierto favorece las condiciones tanto para un efectivo rebrote como para el establecimiento desde semilla.

El **corte con rotativa** al igual que el uso del fuego, reduce la biomasa aérea de cardilla solo de forma temporal. Sin embargo, la recuperación de la maleza puede retrasarse mediante la selección del momento y la frecuencia de corte. El corte en otoño es el de mayor eficiencia en la reducción de la cobertura de cardilla, y el efecto se incrementa si se aplica en dos años consecutivos. El mayor efecto del corte de primavera es el retraso y disminución de la emisión de los vástagos florales. No obstante, la densidad de rosetas aumenta independientemente del momento o frecuencia de corte debido a la regeneración vegetativa (Carámbula et al. 1995). Incluso implementos con un grado mayor de perturbación de la comunidad como lo es una **rastra de tiro excéntrico** no logran una mortandad elevada de rizomas de cardilla, aún aplicados en otoño y con doble pasada. Este método de control degeneran la comunidad (Lallana et al. 2006) y por tanto no serían compatibles con la visión conservacionista. Muchos ganaderos son conscientes de que eliminar la cardilla por métodos físicos es un objetivo a la vez imposible y errado y por ello han desarrollado numerosos **implementos artesanales** que arrancan la planta y dañan el rizoma, pero sin ser perturbaciones tan severas como la rastra. Los diseños se basan en el arrastre en superficie de troncos, barras, ruedas, vigas o rieles pesados sobre suelo húmedo. Si bien estos métodos no se han incluido en evaluaciones formales, Heady y Child (1994) destacan la efectividad de este tipo de herramientas para la remoción de ciertas malezas.

El **uso de herbicidas** generalmente aumenta la eficacia del control con respecto a los cortes y tienen un efecto perdurable en el tiempo. Los más eficaces son los pertenecientes al grupo de "auxinas sintéticas", como el 2,4-D y el picloram, que actúan imitando a las auxinas endógenas. Dichos herbicidas entran a la planta por tejidos verdes y se translocan por vía simplástica (incluyendo el floema) y se acumulan en las regiones mesofíticas de hojas y raíces. En altas concentraciones inhiben la división celular y el crecimiento (Senseman 2007) y por tanto son los que tienen la capacidad de matar el rizoma (Lallana et al. 2003). Aunque para ello se requieren altas dosis, lo que presenta el inconveniente adicional del mayor costo y posibles efectos fitotóxicos sobre el resto de las especies del pastizal (Lallana, 2007). Una forma de minimizar el daño en especies no-blanco es utilizando máquinas de control posicional. En Uruguay, en las últimas décadas se ha extendido el uso de este tipo de máquinas, que mediante sogas, alfombras o rodillos depositan el herbicida en las malezas más altas que la mayoría de las especies forrajeras. Una particularidad de esta forma de aplicar es que no se puede establecer *a priori* la dosis por hectárea, ya que el gasto de herbicida dependerá de la abundancia de la maleza. Entonces la forma de establecer una recomendación de uso es probando diferentes concentraciones de herbicidas. Ríos (2007) evaluó el control de cardilla utilizando glifosato (0,36 kg i.a./l) solo y en combinación con picloram (0,24 kg i.a./l). Los herbicidas fueron aplicados en primavera y/o en otoño con una máquina de alfombra artesanal. Las concentraciones evaluadas fueron de 1/6, 1/3 y 2/3 de glifosato solo y 1/6+1/3; 1/3+1/6 y 1/3+1/3 de glifosato+ picloram, respectivamente. El glifosato solo no fue efectivo en ninguna de las concentraciones evaluadas. En cambio, sí se obtuvieron buenos resultados con la mezcla de herbicidas, siendo mejor el otoño que la primavera, lo que la autora relaciona con un mayor traslado del herbicida hacia la parte subterránea. La mayor persistencia del control se logró con aplicaciones de otoño y primavera y con las mayores concentraciones de ambos herbicidas (1/3+1/3). Pero aún con ese tratamiento, al año de la aplicación se registró un elevado porcentaje de rebrote. La **integración** de cortes y herbicidas de forma reiterada es también un manejo recomendado para disminuir tanto la cobertura como la densidad de rosetas de cardilla (Carámbula et al. 1995, Lallana et al. 2005).

El **uso de insectos** no representaría una alternativa promisorio, puesto que las especies de coleópteros, homópteros y lepidópteros que utilizan la cardilla como hospedera no limitan su capacidad reproductiva ni la formación de nuevos brotes a partir de los rizomas (Pazos 2008). Por su parte, la efectividad del **pastoreo** estaría relacionada con la especie animal y con su capacidad de selectividad instantánea. Los vacunos y los ovinos por lo general no integran la cardilla a su dieta, por lo cual es necesario reducir la capacidad de selección para que consuman esta especie, por ejemplo a través de altas cargas instantáneas (Graf et al. 1998). Los equinos (caballos y burros) aparentemente muestran una mayor preferencia por la cardilla y son usados como forma de control en áreas menores de algunos establecimientos comerciales.

2. DEMOGRAFÍA DE POBLACIONES DE CARDILLA BAJO CONTROL QUÍMICO, MECÁNICO E INTEGRADO EN UN CAMPO NATURAL¹

2.1. RESUMEN

La cardilla (*Eryngium horridum*) es una maleza nativa frecuente en los campos naturales uruguayos. Su principal perjuicio es la reducción del área efectiva de pastoreo y aún no se dispone de métodos de control eficaces. En este estudio se analiza el efecto de diferentes métodos de control en la cobertura y la estructura poblacional de rosetas cardilla. En un diseño de bloques al azar (n=3) se evaluaron tres métodos de control: químico (2,4-D+picloram, CQ), mecánico (llanta lastrada, CM) e integrado (secuencia CM-CQ-CM, CI), y un testigo sin control (SC). Los controles se realizaron en primavera 2013, y en otoño y primavera 2014. Se evaluó la cobertura (bimensualmente) y la densidad de rosetas (trimestralmente), tanto total como por clase de tamaño (diámetros <15, 16-50, 51-80 y >80 cm). El testigo no tuvo mayores variaciones en cobertura (~30%) y densidad de rosetas (~5 rosetas/m²). Todos los métodos de control redujeron la cobertura y presentaron un patrón de tres fases: (i) descenso (febrero-abril); (ii) estabilización (mayo-octubre), y recuperación (diciembre-abril). Cada fase se relacionó con cambios en la estructura de tamaños de rosetas: en la primera se redujeron las grandes y muy grandes (> 51 cm); en la segunda fase aumentaron las chicas (<15 cm); y en la tercera aumentaron las medianas y grandes (16-80 cm). La reducción de cobertura fue mayor y más persistente en los tratamientos con herbicida debido a que disminuyeron la densidad total de rosetas. Estos avances permitirán definir momentos de monitoreo post-control y diseñar nuevas estrategias de manejo integrado.

Palabras clave: *Eryngium horridum* Malme, *Apiaceae*, caraguatá, estructura de tamaños, roseta

¹ Este artículo se presenta de acuerdo a las instrucciones de Agrociencia Uruguay. La numeración de cuadros y figuras es independiente de la del resto de la tesis.

DEMOGRAPHY OF *CARDILLA* POPULATIONS UNDER CHEMICAL, MECHANICAL AND INTEGRATED CONTROL IN A NATURAL GRASSLAND

2.2. SUMMARY

Cardilla (*Eryngium horridum*) is a common native weed in Uruguayan natural grasslands. Its main detriment is the reduction of grazing area and effective control methods are not yet available. This study analyzed the relationship between *cardilla* cover and its rosette population structure after different control methods were applied. In a randomized block design (n=3) three control methods were evaluated: chemical (2,4-D+picloram, CC), mechanical (weighted rim, MC) and integrated (sequence MC-CC-MC, IC), plus a no treatment control (NC). The control methods were applied in spring 2013, and in autumn and spring 2014. Cover and rosette density were evaluated bimonthly and quarterly, respectively, also in four size classes (diameter <15, 16-50, 51-80 and >81 cm). There were no major changes in cover (~30%) or rosette density (~5 rosettes/m²) in the no treatment control. All control methods reduced cover. Three phases were evident: decline (February-April); stabilization (May-October), and recovery (December-April). Each phase was related with changes in rosette size structure; during the first phase large and very large rosettes were reduced (>51 cm); in the second phase there was an increase in small rosettes (<15 cm); and in the third phase medium and large rosettes were increased (16-80 cm). The reduction in *cardilla* cover was greater and persistent with herbicide application, because it was the only method that reduced total rosette density. These advances will allow to define moments of post-control monitoring and to design new integrated management strategies.

Keywords: *Eryngium horridum* Malme, *Apiaceae*, *caraguatá*, size structure, rosette

2.3. INTRODUCCIÓN

La cardilla o caraguatá (*Eryngium horridum* Malme - *Apiaceae*) es una hierba perenne, nativa en los Campos de Sudamérica, de porte mediano a alto. Esta especie crece formando rosetas, compuestas de numerosas hojas lineales que miden hasta 65 cm de largo y 2 cm de ancho y están provistas de espinas en sus márgenes (Burkart y Bacigalupo, 2005). La principal forma de reproducción es la emisión de renuevos desde su grueso rizoma (reproducción vegetativa) (Lallana, 2007). Aunque produce decenas de miles de semillas viables por planta (Elizalde *et al.*, 2005; Lallana y Salinas, 2003) la germinación y el establecimiento de nuevas plantas depende de factores ambientales y de la altura del campo (Heguy y Vecchio, 2015; Fidelis *et al.*, 2008). Es una especie muy frecuente y abundante en los campos, lo que se ha atribuido a su resistencia tanto al fuego como al pastoreo (Fidelis *et al.*, 2008). Esta capacidad de sobrevivencia se sustentaría en el gran número de puntos de crecimiento que se activan al romperse la dominancia apical cuando se remueve la roseta principal (Lallana *et al.*, 2004).

La cardilla es considerada una maleza importante en los sistemas ganaderos extensivos, ya que en condiciones normales no es consumida por el ganado y por tanto sus densos manchones reducen la superficie de pastoreo. En virtud de ello, durante décadas se han realizados numerosos estudios para su manejo (Crancio *et al.*, 2007; García, 2007). El control químico recomendado es el uso de los herbicidas auxínicos 2,4-D y picloram en el otoño (Ríos, 2007), momento en que la planta acumula reservas subterráneas lo que favorecería el traslado de los herbicidas al rizoma (Lallana, 2007). En cuanto al control mecánico, el corte con máquina rotativa requiere de aplicaciones anuales en el otoño (Carámbula *et al.*, 1995). También se ha mencionado como promisorio el uso de herramientas artesanales basadas en el arrastre de elementos pesados (p.ej. rieles) al inicio de la floración (Formoso, 1997; Carámbula *et al.*, 1995), aunque dichas herramientas no se han evaluado formalmente. Si bien existen recomendaciones para el manejo de la cardilla, el efecto del control frecuentemente es revertido, ya que luego de un profuso proceso de rebrote la maleza recupera su área (Ríos, 2007, Lallana *et al.*, 2006; Carámbula *et al.*,

1995). La integración de métodos químicos y mecánicos en la secuencia corte-herbicida aumentaría la efectividad del control de cardilla, aparentemente a través de una reducción de la densidad de plantas (Carámbula *et al.*, 1995).

La descripción del proceso de regeneración poblacional de cardilla ha sido somera, relevando exclusivamente la densidad de plantas o el tamaño de la población. Se entiende que un análisis demográfico más profundo es necesario para diseñar estrategias de manejo de cardilla a mediano y largo plazo. Especialmente si se adhiere al enfoque propuesto por Sheley *et al.* (1996), que contempla la teoría de sucesión en el manejo de malezas en pastizales, y postulan que el objetivo no debe ser eliminar la maleza sino lograr un cambio en la comunidad, pasando de una fase no deseada de la comunidad a una deseada. Para ello deben manejarse los procesos que regulan la sucesión, entre los que se encuentra el régimen de perturbaciones. Dichos autores mencionan que la aplicación de perturbaciones incluye las actividades que aumentan o reducen la disponibilidad de sitios de crecimiento, como por ejemplo la aplicación de herbicidas de hoja ancha. En ese contexto cabe preguntarse si los diferentes métodos propuestos para el control de cardilla son perturbaciones similares o si en cambio su impacto demográfico es diferente. El análisis de la estructura de la población fue aplicado con éxito por Fidelis *et al.* (2008) para relevar el impacto de perturbaciones clásicas (fuego y pastoreo) en poblaciones de cardilla y por tanto se presume puede ser informativo para describir el impacto de medidas de control.

El objetivo de este trabajo es analizar la dinámica de la cobertura y la estructura poblacional de cardilla en respuesta a la aplicación de métodos químicos, mecánicos e integrados de control.

2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1. Área de estudio

El estudio se realizó en la Unidad Experimental Palo a Pique del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Treinta y Tres, Uruguay (33° 24' S; 54° 50' O, 50 m de altitud). El clima en el territorio uruguayo según la clasificación de Köppen-Geiger (Geiger, 1954) es subtropical húmedo (Cfa). En Treinta y Tres la temperatura media del mes más cálido es 22,8 °C (enero) y del mes más frío 10,8 °C (julio) (1971-2014). La precipitación promedio anual es de 1310 mm (1992- 2014). El área de estudio es un potrero de campo natural que durante una década fue pastoreado con bovinos todos los años pero en forma discontinuada. El potrero abarca cinco hectáreas y comprende un suelo clasificado según la taxonomía de suelos de USDA-NRCS como Argiaquoll Abruptico (Durán *et al.*, 2006) desarrollado sobre una lomada de pendiente moderada. Al inicio del experimento las diez especies más abundantes (según cobertura) eran, en orden de importancia: *Eryngium horridum*, *Mnesithea selloana*, *Baccharis trimera*, *Paspalum plicatulum*, *Paspalum notatum*, *Axonopus suffultus*, *Axonopus fissifolius*, *Steinchisma hians*, *Paspalum dilatatum* y *Dichanthelium sabulorum*. Y la distribución espacial de la cardilla era agregada o en manchones.

2.4.2. Diseño experimental y prácticas de control de cardilla

Se realizó un experimento de bloques completos al azar con tres repeticiones, los bloques se asignaron según posición topográfica. Las parcelas fueron de 30 m por 40 m. Se evaluaron los siguientes tratamientos de control de cardilla: control mecánico (CM), control químico (CQ), control integrado (CI), también se incluyó un testigo sin control (SC). Los controles se realizaron en tres momentos: fines de primavera de 2013 (27/12), otoño y fines de primavera de 2014 (28/4 y 26/12). El **CM** se realizó con una herramienta artesanal compuesta de dos llantas de carreta de hierro unidas superiormente por un riel de tren. El ancho operativo es de 3,45 m y su peso de 322 kg. Esta herramienta al ser arrastrada en superficie remueve las rosetas de cardilla y también lesiona el rizoma. La velocidad de avance del tractor fue de 5

km/h y la herramienta se pasó dos veces en sentidos contrarios cubriendo la totalidad de la parcela. Para el **CQ** se utilizó la mezcla comercial de 2,4-D + picloram, Tordon 101[®] (240 g/l de 2,4-D + 64 g/l de picloram). Como coadyuvante se utilizó el surfactante no iónico de nombre comercial Li 700[®]. Para minimizar la fitotoxicidad en especies no blanco se utilizó una máquina de control posicional (Ríos, 2007). Particularmente se usó la máquina de alfombra SuperAtila[®] que se caracteriza por lograr control selectivo posicional de aquellas malezas que superen la altura del tapiz en al menos 15 cm. Para ello cuenta con un sistema de sensores optoelectrónicos que regulan el traslado del herbicida del depósito al lienzo que moja la vegetación. Se realizó una solución de 1/3 de Tordon 101[®] y 2/3 de agua. La dosis media de Tordon 101[®] fue de 19,4; 6,9 y 3,3 l/ha para la primer, segunda y tercer fecha de control respectivamente. El elevado valor de la primer fecha fue consecuencia de que no se logró la diferencia de altura requerida entre las malezas y el tapiz debido a la gran cantidad de inflorescencias de gramíneas. El **CI** consistió en una secuencia de los tratamientos anteriores: CM a fines primavera 2013; CQ en otoño 2014 y CM afines de primavera 2014. La dosis media de Tordon 101[®] fue de 6,9 l/ha.

La duración del período experimental fue de 17 meses, desde diciembre de 2013 hasta abril de 2015. Durante la mayor parte del período, desde enero 2014 a enero 2015, las condiciones climáticas no fueron predisponentes al estrés hídrico en la vegetación: el índice de bienestar hídrico² osciló entre 50 y 100% (INIA-Unidad GRAS, 2016). Incluso en los períodos cálidos comprendidos entre enero y marzo 2014 y entre setiembre 2014 y enero 2015 el registro pluviométrico fue superior a la media en un 40 y 60%, respectivamente. De febrero a abril de 2015 tanto el índice de bienestar hídrico como las precipitaciones presentaron valores menores a los promedios históricos.

El potrero fue pastoreado de forma continua por vacas adultas no gestantes a una carga promedio de 0,8 UG/ha³.

² Índice de bienestar hídrico = (evapotranspiración real/ evapotranspiración potencial) * 100

³ Las vacas se retiraron del potrero durante los 21 días posteriores a cada aplicación (tiempo de reingreso).

2.4.3. Obtención de los datos

La cobertura de cardilla (%) de cada parcela se estimó en 3 transectas fijas de 20 m de longitud cada una. Se midió la intercepción de la línea con los parches de cardilla (Lallana *et al.*, 2005), se incluyó tanto las rosetas como el forraje de rechazo del centro del parche. El forraje de rechazo es la biomasa que no es accesible o preferida por los animales y que se distingue visualmente por su mayor altura y proporción de restos secos en relación al estrato pastoreado. Las transectas se ubicaron en paralelo en el centro de la parcela y a 5 m de distancia. En total se realizaron 10 evaluaciones, la primera en diciembre 2013, previo a la aplicación de los tratamientos de control y posteriormente se realizaron con una frecuencia de entre 6 y 10 semanas.

La densidad de rosetas de cardilla se contabilizó en 6 cuadros fijos de 1m² ubicados en el área central de cada parcela. Además en cada roseta se midió la hoja verde más larga y se calculó su diámetro como el doble de este valor. Considerando la observación previa del stand y tomando como referencia los criterios usados por Lallana *et al.* (2005) se establecieron las siguientes clases de diámetro de roseta: chicas entre 5 y 15 cm, medianas entre 16 y 50 cm, grandes entre 51 y 80 y muy grandes las mayores a 81 cm. Las determinaciones fueron realizadas trimestralmente desde el otoño 2014 al otoño 2015 y previo al primer momento de control.

2.4.4. Análisis estadístico

El efecto de los tratamientos en la cobertura y en la densidad de rosetas de cardilla se evaluó mediante análisis de varianza (ANAVA) para cada fecha. Para cobertura se ajustó un modelo lineal general mixto, que incluyó un efecto de tratamiento (fijo) y un efecto de bloque (aleatorio). Para densidad de rosetas se ajustó un modelo lineal generalizado, se contempló el efecto de tratamiento y el de bloque, la distribución asignada fue la Poisson. En ambos casos las medias fueron comparadas con la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$).

Para evaluar si los tratamientos afectaron la distribución de las clases de tamaño de rosetas se hicieron análisis de Cuadros de contingencia en cada estación. En primera instancia se utilizó la prueba de Chi-cuadrado de Pearson ($\alpha=0,05$) considerando los cuatro tratamientos y las cuatro clases de diámetro de roseta (Cuadro de contingencia 4x4). En las estaciones en que el valor de dicho estadístico fue significativo se realizó una comparación post hoc de a pares de tratamientos con la prueba exacta de Fisher ($\alpha=0,05$) (Cuadro de contingencia 2x4).

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa R, versión 3.1.1 (R Core Team, 2014). Para el ajuste del modelo de cobertura se utilizó el paquete nlme y para la comparación de medias se usó el paquete agricolae. Para el ajuste del modelo de densidad de rosetas se utilizó el paquete stats y para la comparación de medias se utilizó el multcomp. Los análisis de clases de tamaño de rosetas se hicieron usando el paquete stats.

2.5. RESULTADOS

2.5.1. Cobertura de cardilla

La cobertura de cardilla de los tratamientos de control (CM, CQ, CI) fue significativamente menor a la del testigo en todas las fechas evaluadas luego del primer momento de control (Figura 1). Durante todo el período de estudio la cobertura del testigo se mantuvo alta y relativamente constante, oscilando entre 28 y 37%. En los tres tratamientos de control se identificó un patrón de variación de cobertura similar, en los que se distinguen claramente tres fases: (i) descenso (ii) estable (iii) recuperación. La delimitación temporal de las fases es la siguiente: (i) febrero - abril 2014 (ii) mayo - octubre 2014 (iii) diciembre 2014 - abril 2015 (Figura 1).

La fase (i) se caracterizó por una rápida y drástica reducción de la cobertura de cardilla luego del primer control. La cobertura media fue de 17% en CM, 13% en CI y de 8% en CQ. La respuesta inmediata de los tratamientos de control fue similar, a

los 40 días de la aplicación (febrero) los tratamientos no tuvieron diferencias entre sí ($p>0,05$). A los 95 días de la aplicación (abril) la cobertura de CM y CI fue mayor que la de CQ ($p<0,05$). En la fase (ii) la cobertura de cardilla en los tratamientos de control se mantuvo constante, especialmente en CM y CQ, que fluctuaron entre 11 y 12% el primero y entre 2 y 5% el segundo. El tratamiento CI fue menos estable que CM y CQ su cobertura se redujo después de la aplicación de herbicida, y pasó de 14% al inicio de la fase a 3% al final. Al igual que en la fase anterior, no hubo diferencias entre tratamientos en los primeros días posteriores al control, hecho que nuevamente se revirtió con el transcurso de los días. Desde agosto hasta abril CM tuvo mayor cobertura que CI y CQ ($p<0,05$). Durante la fase (iii) en los tratamientos de control se incrementó la cobertura de la maleza. Al final del período experimental la cobertura fue significativamente menor en CI y CQ (9%) que en CM (21%). En resumen, CQ y CI fueron los tratamientos más efectivos siendo la reducción de la cobertura con respecto a su situación inicial de 86 y 78% respectivamente (CQ: 40,8 vs 5,5% - CI: 32,9 vs 7,2% cobertura media pre y pos control). En CM la reducción fue de 56% (CM: 34,2 vs 15% cobertura media pre y pos control).

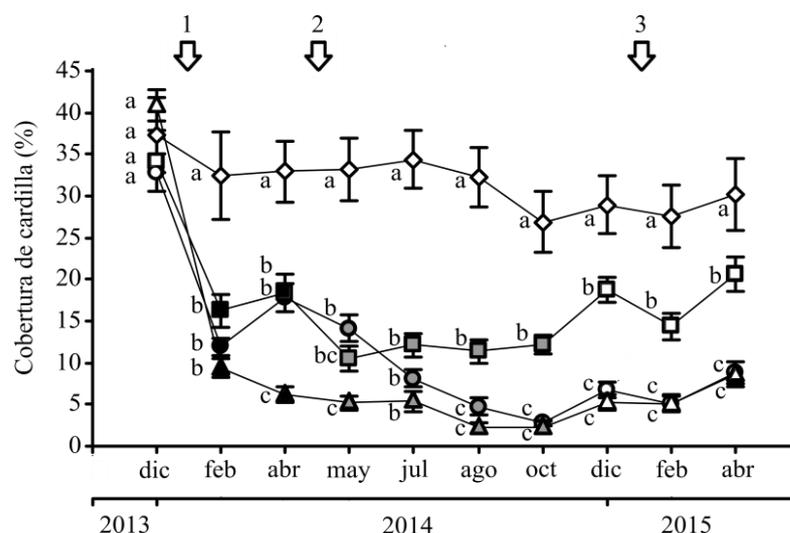


Figura 1 - Cobertura de cardilla (%) desde diciembre 2013 hasta abril 2015 según tratamiento de control. Los símbolos representan las medias y las barras el error estándar.

△ Control químico ○ Control integrado ◻ Control mecánico ◇ Sin control

1, 2, 3: momentos de control - 27/12, 28/4 y 26/12 respectivamente

negro: fase (i) gris: fase (ii) blanco: fase (iii) (ver texto por más detalles)

Las medias seguidas por la misma letra en una fecha no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de Tukey ($p > 0,05$)

2.5.2. Densidad de rosetas

A diferencia de lo ocurrido con la cobertura, los tratamientos de control presentaron patrones distintos en la evolución de la densidad de rosetas de cardilla. El pasaje de la herramienta artesanal no modificó la densidad de rosetas, el tratamiento CM no se diferenció significativamente del testigo en ninguna de las fechas evaluadas. Ambos tratamientos se mantuvieron estables, siendo la media del período de 5,8 y 6,3 rosetas/m² en el testigo y CM, respectivamente. En cambio, el herbicida sí redujo significativamente la densidad de rosetas. El CQ tuvo menos rosetas que el testigo desde el primer momento de control en adelante ($p < 0,05$). La mayor reducción ocurrió luego del primer momento control (7,6 vs 2,4 rosetas/m² en pre-control y otoño de 2014 respectivamente). Éstas respuestas también se registraron en CI, el pasaje de la herramienta artesanal (primer y tercer fecha de

control) no disminuyó la densidad de rosetas, pero sí lo hizo la aplicación del herbicida (segundo momento de control) (Figura 2).

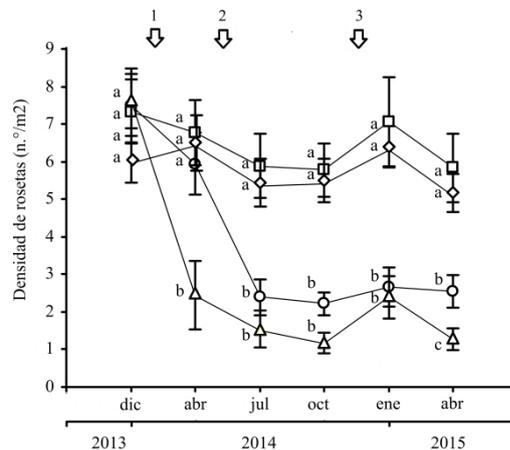


Figura 2 - Densidad de rosetas de cardilla (n.º m⁻²) según tratamiento de control desde diciembre 2013 hasta abril 2015. Los símbolos representan las medias y las barras el error estándar.

△ control químico ○ control integrado ◻ control mecánico ◊ sin control

1, 2, 3: momentos de control - 27/12, 28/4 y 26/12 respectivamente

Las medias seguidas por la misma letra en una fecha no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de Tukey ($p > 0,05$)

2.5.3. Estructura de tamaño de rosetas

La estructura de tamaño de rosetas de cardilla varió estacionalmente en el testigo, con una relación aproximada de rosetas adultas: juveniles (grandes+muy grandes: chicas+medianas) de 25:75 en primavera-verano y de 45:55 en otoño-invierno. No hubo diferencias entre tratamientos en la distribución de las clases de tamaño en la situación inicial (Chi-cuadrado $p > 0,4$) siendo ésta afectada significativamente por la aplicación de las medidas de control (Chi-cuadrado $p < 0,05$; Figura 3). En ninguno de los contrastes de pares de tratamientos de los datos posteriores a la primer aplicación se detectaron diferencias significativas entre CM, CQ y CI (Fisher exacto $p > 0,05$; Cuadro 1). Es por ello que se infiere que la influencia de los métodos de control en la estructura poblacional fue similar. A pesar

de ello, a partir de la primavera 2014 solo CM y CI se diferenciaron significativamente del testigo.

Los cambios más notorios en la estructura de la población de rosetas se dieron en otoño e invierno 2014, caracterizándose en primera instancia por una disminución de las rosetas grandes y muy grandes (otoño) que fue seguida por un incremento en las rosetas chicas (invierno). En otoño, en el testigo se registró la máxima abundancia de rosetas grandes y muy grandes, que sumadas representaron el 55% del total, mientras que en CQ, CI y CM sumaron 16, 24 y 30%, respectivamente. En invierno, en el testigo se registró el mínimo porcentaje de rosetas chicas del período, 9%, mientras que dicha clase representó el 54% en CM, 51% en CI y 37% en CQ. Posteriormente se dio un incremento secuencial en la cantidad y en el porcentaje de rosetas medianas y grandes. El aumento de las rosetas medianas comenzó en primavera 2014 en CM y CI (66 y 60%) y en verano 2015 en CQ (56%), mientras que el aumento de las rosetas grandes se evidenció en los tres tratamientos en otoño 2015. Cabe reseñar que desde primavera 2014 en adelante todos los tratamientos registraron una sustancial pérdida de rosetas muy grandes (Figura 3; Cuadro 2).

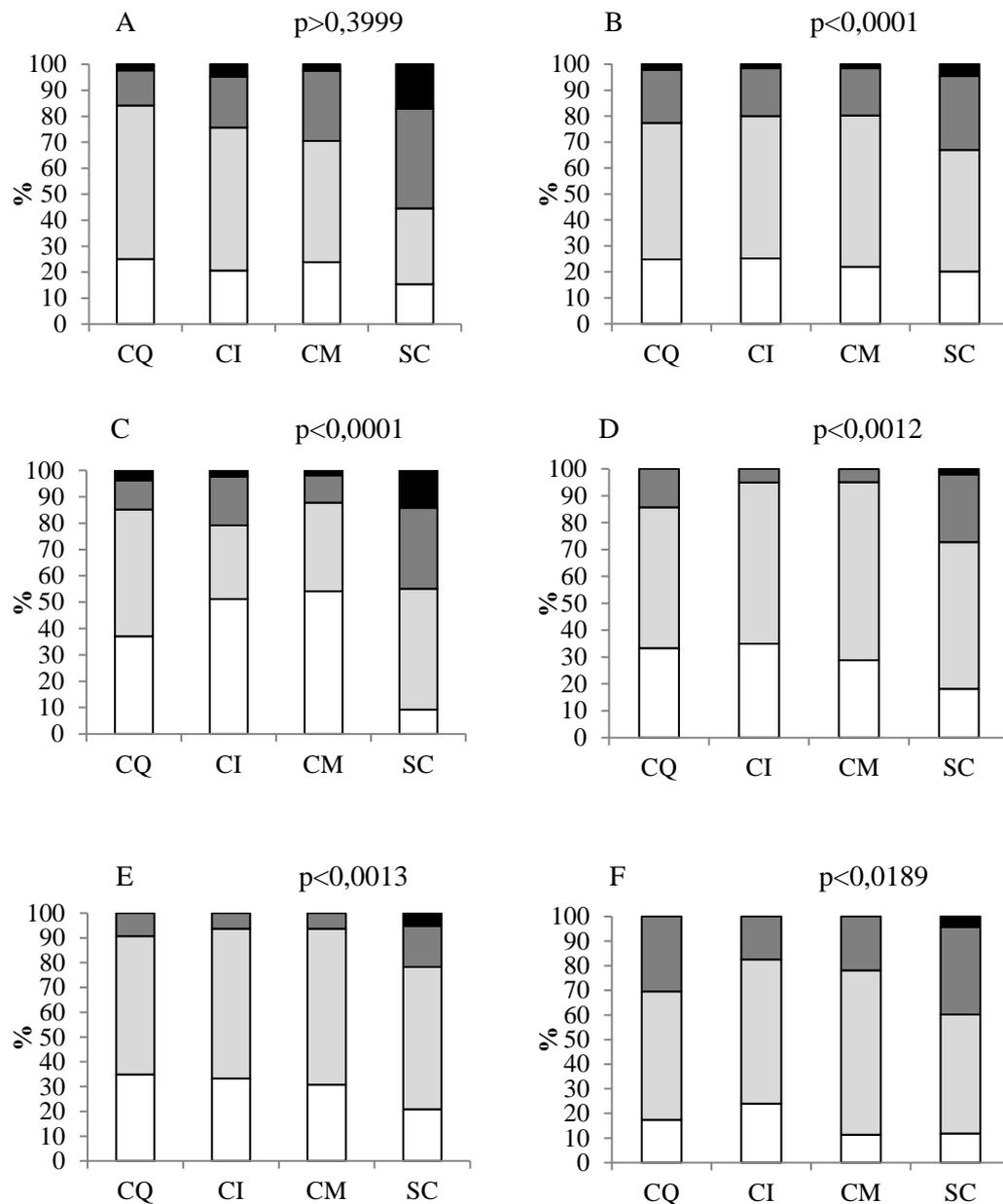


Figura 3- Porcentaje de rosetas según clase de tamaño y tratamiento de control de cardilla en A) primavera 2013 B) otoño 2014 C) invierno 2014 D) primavera 2014 E) verano 2015 y F) otoño 2015. Valores de probabilidad según prueba X^2 de Pearson.

blanco: chicas gris claro: medianas gris oscuro: grandes
 negro: muy grandes (ver texto por más detalles)
 CQ: control químico CI: control integrado CM: control mecánico SC: sin control

Cuadro 1 - Valores de probabilidad obtenidos con la prueba exacta de Fisher en la comparación de a pares de tratamiento en el porcentaje de rosetas de cardilla según clase de tamaño.

	SC-CI	SC-CQ	SC-CM	CI-CQ	CI-CM	CQ-CM
Otoño 2014	1,6e ⁻⁰⁵	5,4e ⁻⁰⁵	2,9 e ⁻⁰⁵	0,769	0,366	0,278
Invierno 2014	2,9e ⁻⁰⁶	2,1e ⁻⁰³	1,1e ⁻¹²	0,343	0,374	0,330
Primavera 2014	8,4e ⁻⁰³	0,399	5,9e ⁻⁰⁵	0,498	0,763	0,186
Verano 2015	0,063	0,135	1,3e ⁻⁰³	0,851	0,960	0,582
Otoño 2015	0,031	0,736	0,012	0,573	0,174	0,362

CI: control integrado CQ: control químico CM: Control mecánico SC: sin control

Cuadro 2 - Densidad de cardilla (n.º/m²) según clase de tamaño de roseta según estación y tratamiento de control de cardilla. Valores expresados como medias.

Estación	Tratamiento	Clase de tamaño de rosetas			
		chicas	Medianas	grandes	muy grandes
		n.º rosetas/m ²			
primavera 2013	CQ	1,9	4,0	1,6	0,2
	CI	1,9	4,1	1,4	0,1
	CM	1,6	4,3	1,3	0,1
	SC	1,2	2,8	1,7	0,3
otoño 2014	CQ	0,6	1,4	0,3	0,1
	CI	1,2	3,3	1,2	0,3
	CM	1,6	3,2	1,8	0,2
	SC	1,0	1,9	2,5	1,1
invierno 2014	CQ	0,6	0,7	0,2	0,1
	CI	1,2	0,7	0,4	0,1
	CM	3,2	2,0	0,6	0,1
	SC	0,5	2,5	1,7	0,8
primavera 2014	CQ	0,4	0,6	0,2	0,0
	CI	0,8	1,3	0,1	0,0
	CM	1,7	3,8	0,3	0,0
	SC	1,0	3,0	1,4	0,1
verano 2015	CQ	0,8	1,3	0,2	0,0
	CI	0,9	1,6	0,2	0,0
	CM	2,2	4,4	0,4	0,0
	SC	1,3	3,7	1,1	0,3
otoño 2015	CQ	0,2	0,7	0,4	0,0
	CI	0,6	1,5	0,4	0,0
	CM	0,7	3,9	1,3	0,0
	SC	0,6	2,5	1,8	0,2

CI: control integrado CQ: control químico CM: Control mecánico SC: sin control

2.6. DISCUSIÓN

La variación temporal en la cobertura de cardilla a lo largo del período experimental siguió la misma tendencia en los tres métodos de control evaluados. Las tres etapas identificadas se relacionan estrechamente con las modificaciones que éstos ejercieron en la estructura de tamaños de roseta. Inicialmente, se redujo la cantidad de rosetas grandes y muy grandes, lo que se adjudica a su mayor susceptibilidad a las herramientas utilizadas, ya que por su porte son tanto fácilmente alcanzadas por la alfombra embebida con el herbicida como arrancadas por la llanta lastrada. Además, cuanto mayor el diámetro de roseta, mayor es la probabilidad de que esté florecida (Lallana, 2007) y por consiguiente aumenta la efectividad del pasaje de las herramientas de arrastre, consiguiendo el arranque completo de la roseta (Formoso, 1997). La desaparición de éstas rosetas trajo aparejado una disminución muy importante de la cobertura de cardilla, que pasó de ocupar un tercio del área a menos de un sexto (fase i). Inmediatamente comenzó un proceso de regeneración caracterizado por un aumento en la proporción de rosetas chicas, que a corto plazo no implicó cambios sustantivos en la cobertura (fase ii). Fidelis *et al.* (2008) reportan un aumento similar en las rosetas juveniles en zonas recientemente perturbadas por eventos de fuego y pastoreo. Por último, el proceso de regeneración continuó con un aumento de las rosetas medianas y posteriormente de las rosetas grandes, que condujo a un aumento gradual de la cobertura de cardilla (fase iii). Ello sucedió entre primavera 2014 y otoño 2015, período en que las rosetas se encuentran en una etapa de crecimiento lineal (Lallana, 2007).

A pesar de que la variación temporal de la cobertura y la estructura fue similar en los tres métodos de control, la aplicación del herbicida constituyó una perturbación más severa que el pasaje de la llanta lastrada; no solo logró una mayor disminución de la cobertura sino que redujo la densidad de rosetas. Se infiere que ello responde a que la aplicación del herbicida provocó una mayor mortandad de rizomas y en consecuencia una menor capacidad de rebrote que el pasaje de la llanta lastrada.

La susceptibilidad de los rizomas de cardilla a 2,4-D + picloram fue evaluada por Lallana *et al.* (2003) en plantas de menos de dos años en condiciones de invernáculo. Los autores mencionan que todos los rizomas estaban muertos a los dos meses de la aplicación, siendo la mortandad de la parte subterránea posterior a la desecación de la parte aérea. Sin embargo en el campo coexisten plantas de todas las edades y aunque la aplicación de ésta mezcla de herbicidas afecta notoriamente el desempeño de rizomas (Lallana *et al.*, 2005), algunos sobreviven y son capaces de rebrotar. Por ejemplo Ríos (2007) menciona que a los 60 días de la aplicación posicional de picloram y glifosato (1/3 de cada herbicida en la solución) el 50% de plantas tenía rebrotes.

En cambio la remoción de la biomasa aérea por corte no solo no mata los rizomas, sino que estimula el proceso de rebrote (Lallana *et al.*, 2004; Fidelis *et al.*, 2008). En evaluaciones de medidas de control este fenómeno adquiere mayor relevancia cuando se realiza en primavera. Ello se ha demostrado con más de una herramienta; por ejemplo Lallana *et al.* (2006) evaluaron una rastra tipo rome y no detectaron efectos ni en el número ni en la biomasa de rizomas. Por su parte Carámbula *et al.* (1995) cuantificaron un 40% de incremento en la densidad de rosetas con cortes con rotativa. Si bien en nuestro estudio no se diferenció el origen de las rosetas chicas, es difícil hacer esta distinción, se presume que la mayoría de las rosetas chicas censadas en el primer invierno provienen de rebrote. Especialmente en el control mecánico, los efectos del rebrote serían muy importantes, ya que las inflorescencias fueron removidas por el pasaje de la llanta lastrada, hecho al que debe agregarse la corta viabilidad de las semillas de cardilla (Lallana, 2007).

2.6.1. Implicancias prácticas

Si bien la primer aplicación del herbicida en CQ alcanzó un elevado nivel de control, este debe ser relativizado al alto gasto de herbicida. En cambio, la eficacia de la segunda y la tercera aplicación fue baja, dado que las rosetas más susceptibles (grandes y muy grandes) eran pocas. Por tanto no se justificaría más de una aplicación de herbicida al año. El pasaje de la llanta lastrada tuvo un control

moderado, pero que igualmente se considera satisfactorio. Por tanto su uso es promisorio, particularmente en campos con un estrato alto o diverso, en los que el uso de la máquina de control posicional puede ser dificultoso. También puede ser adoptado en sistemas que no contemplen en sus prácticas de manejo la aplicación de herbicidas. A pesar de ello, es evidente que con el transcurrir de los meses el nivel de control decae, y su uso debería ser reiterado una vez que en la población de rosetas se recuperen las de mayor tamaño, proceso que en las condiciones de este estudio demoró dos años. El control integrado fue el más ventajoso, ya que tuvo una eficacia similar al control químico, pero con mayor efectividad dada por el menor gasto de herbicida.

2.7. CONCLUSIONES

El análisis demográfico aplicado en este estudio permitió describir eficientemente la variabilidad temporal en la abundancia de cardilla en tres fases que ocurren luego de aplicados los métodos de control. Se demostró que existe una relación directa entre el diámetro de las rosetas y su aporte a la cobertura de cardilla. En este sentido, las rosetas grandes, por su impacto en la reducción del área de pastoreo y mayor facilidad de control deben ser el foco de atención de futuros estudios.

El control mecánico disminuyó sólo el tamaño, mientras que el control químico disminuyó tanto a la población de rosetas como al tamaño de la cardilla, pero es necesario continuar investigando en la persistencia de los efectos del control para generar recomendaciones de manejo de largo plazo. Este tipo de información es vital para el manejo de malezas de campo natural, ya que las características de la comunidad vegetal, por ejemplo su perennidad y diversidad, limitan las opciones de control.

2.8. BIBLIOGRAFÍA

Burkart A, Bacigalupo NM. 2005. Flora ilustrada de Entre Ríos (Argentina). Parte IV Dicotiledóneas Arquiclamídeas B: Geraniales a Umbelliflorales. Buenos Aires: INTA. 627 p.

Carámbula M, Ayala W, Bermúdez R, Carriquiry E. 1995. Control de cardilla. Montevideo: INIA. (Serie técnica; 57). 11p.

Crancio LA, Carvalho PCDF, Nabinger C, Boldrini II. 2007. Controle de plantas nativas indesejáveis dos campos naturais de Rio Grande de Sul. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 13 (1-2): 115 - 124.

Durán A, Califra A, Molfino JH, Lynn W. 2006. Keys to soil taxonomy for Uruguay. Washington: USDA, NRCS. 77 p.

Elizalde JH, Salinas AR, Lallana VH. 2005. Lluvia de semillas de una población de *Eryngium horridum* Malme en un campo de Oro Verde, Entre Ríos, Argentina. *Revista Científica Agropecuaria*, 9 (2): 39 - 45.

Fidelis A, Overbeck G, Pillar VD, Pfoadenhauer J. 2008. Effects of disturbance in population biology of the rosette species *Eryngium horridum* Malme in grasslands in the southern Brazil. *Plant Ecology*, 195: 55 - 67.

Formoso D. 1997. Consideraciones sobre dos malezas importantes en los campos: chilca (*Eupatorium buniifolium*) y cardilla (*Eryngium horridum*). En: Carámbula M, Vaz Martins D, Indarte E. (Eds.). Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo: INIA. (Serie técnica; 13). pp. 143 - 145.

García A. 2007. Efecto del manejo del pastoreo sobre la dinámica poblacional de malezas de campo sucio. En: Ayala W, Saravia H. (Eds.). Seminario de actualización técnica en manejo y control de malezas de campo sucio. Montevideo: INIA. (Serie técnica; 164). pp. 7 - 14.

Geiger R. 1954. Klassifikation der Klimate nach W. Köppen. En: Landolt-Börnstein – Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik. Berlín: Springer. (Volumen 3). pp. 603 - 607.

Heguy B, Vecchio MC. 2015. La altura del canopeo modifica la emergencia de *Eryngium horridum* Malme (caraguatá) en un pastizal templado de Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 114 (2): 279 - 286.

INIA-Unidad GRAS (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria-Unidad de Agroclima y Sistemas de Información). 2016. Informe agroclimático: Situación diciembre 2013 - abril 2015. [En línea] Consultado 23 febrero 2016. Disponible en: <http://www.inia.uy/investigaci%C3%B3n-e-innovaci%C3%B3n/unidades/GRAS/Clima/informes-agroclim%C3%A1ticos>

Lallana VH. 2007. Ecofisiología de la cardilla (*Eryngium horridum* Malme). 2007. En: Seminario de actualización técnica en manejo de malezas, 2007, Young. Uruguay. Montevideo: INIA. (Serie de actividades de difusión; 489). pp. 79 - 106.

Lallana VH, Elizalde JHI, Billard C, Lallana MC. 2006. Control mecánico de *Eryngium horridum* (“caraguatá”) en un pastizal naturalizado de Entre Ríos. Argentina. *Agrociencia Uruguay*, 10 (1): 47 - 57.

Lallana VH, Lallana MC, Elizalde JH, Billard C, Sabattini RA, Rochi G, Faya L, Anglada M. 2005. Control mecánico y químico de *Eryngium horridum* Malme en un pastizal bajo pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal*, 25: 123 - 125.

Lallana VH, Lallana MC, Billard C, Elizalde JHI. 2004. Brotación de rizomas de *Eryngium horridum* Malme (Apiaceae) durante un ciclo anual. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 105 (2): 1 - 10.

Lallana MC, Billard C, Elizalde JHI, Lallana VH. 2003. Control químico de *Eryngium horridum* Malme “caraguatá”. *Revista Científica Agropecuaria*, 7 (1): 29 - 33.

Lallana VH, Salinas AR. 2003. Viabilidad de frutos de *Eryngium horridum* Malme durante un periodo anual. *Revista Científica Agropecuaria*, 7 (1): 63 - 68.

R Core Team. 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en: <http://www.R-project.org/>.

Ríos A. 2007. Control posicional de cardilla (*Eryngium horridum*) en campo sucio. En: Ayala W, Saravia H. (Eds.). Seminario de actualización técnica en manejo y control de malezas de campo sucio. Montevideo: INIA. (Serie técnica; 164). pp. 35 - 47.

Sheley RL, Svejcar TJ, Maxwell BD. 1996. A theoretical framework for developing successional weed management strategies on rangeland. *Weed technology*, 10: 766 - 773.

3. INFLUENCIA DEL CONTROL DE CARDILLA EN LA ESTRUCTURA DE UNA COMUNIDAD DE CAMPO NATURAL⁴

3.1. RESUMEN

El manejo de malezas nativas en campo natural puede generar conflictos entre la conservación de la biodiversidad y el manejo ganadero. La cardilla (*Eryngium horridum*) brinda refugio a gramíneas poco tolerantes al pastoreo sin embargo se cataloga como maleza porque disminuye el área de pastoreo. En este estudio se analiza el efecto de diferentes métodos de control en la estructura de un campo natural. El sitio experimental fue un campo natural templado a subtropical en buen estado de conservación y pastoreado con carga fija (0,8 UG). En un diseño de bloques al azar (n=3) se evaluaron tres métodos de control: químico (Tordon 101[®]), mecánico (llanta lastrada) e integrado (llanta lastrada+Tordon 101[®]) más un testigo sin control. Antes (primavera 2013) y después del control (primavera 2014) se evaluó la composición florística y se aplicaron diversas clasificaciones funcionales (según forma de vida, ciclo, origen y respuesta al pastoreo). Los efectos de los tres métodos en la estructura vegetal fueron similares pero acentuados en el control químico e integrado. Los cambios más notorios fueron la reducción de la abundancia de las especies del estrato superior, cardilla y subarbustos y el aumento de las especies del estrato inferior, concretamente de las gramíneas tolerantes al pastoreo (*Paspalum notatum* y *Axonopus fissifolius*). La cobertura de las gramíneas poco tolerantes al pastoreo, de las especies anuales, y de las exóticas no fue afectada por los métodos de control. Se concluye que el control de cardilla no deterioró la condición de la comunidad vegetal en el corto plazo.

Palabras clave: *Eryngium horridum* Malme, *Apiaceae*, 2,4-D+picloram, llanta lastrada, pastizal

⁴ Este artículo se presenta de acuerdo a las instrucciones de Agrociencia Uruguay. La numeración de cuadros y figuras es independiente de la del resto de la tesis.

CARDILLA CONTROL INFLUENCE ON COMMUNITY STRUCTURE OF A NATURAL GRASSLAND

3.2. SUMMARY

Native weed management in *campo natural* grasslands may cause conflicts between biodiversity conservation and livestock production. *Cardilla* (*Eryngium horridum*) is considered a weed because it reduces effective grazing area due to its ability to grow into large patches. However, at the same time, these characteristics make it a refuge to grass species with low tolerance to grazing. This study analyzed grassland structure after different control methods were applied. In a well-managed temperate to subtropical natural grassland, set-stocked with 0.8 anim/ha a randomized block design (n=3) was set up. Three control methods were applied: chemical (Tordon 101[®]), mechanical (weighted rim), and integrated (weighted rim+ Tordon 101[®]). A no treatment served as control. Vegetation structure was assessed before (spring 2013) and after (spring 2014) treatment application. Specifically, floristic composition was measured and several functional classification applied (life form, life cycle, origin and grazing tolerance). All methods affected vegetation structure similarly, but effects were more pronounced in chemical and integrated control. The most noticeable changes were a reduction in the abundance of upper stratum species *cardilla* and shrubs, and increases of low stratum species, mainly grazing tolerant grasses, such as *Paspalum notatum* and *Axonopus fissifolius*. Nor the cover of low grazing tolerant grasses nor the proportion of bare ground were affected by *cardilla* control. In conclusion, the state of the community was not deteriorated by *cardilla* control in this short term study.

Keywords: *Eryngium horridum* Malme, *Apiaceae*, 2,4-D+picloram, weighted rim, grassland

3.3. INTRODUCCIÓN

Los campos naturales bajo uso pastoril presentan típicamente una fisonomía de doble estrato (Milot *et al.*, 1987). El estrato superior, de entre 15-50 cm de altura, lo componen especies que por su bajo valor nutritivo o por poseer defensas anti-herbivoría son poco atractivas para el ganado (Carvalho *et al.*, 2008). Las principales formas de vida que lo integran son: hierbas de mediano-alto porte (p.ej. *Eryngium sp.*), subarbustos (p.ej. *Baccharis sp.*, *Acanthostyles buniifolius*) y gramíneas formadoras de mata (p.ej. *Paspalum quadrifarium*) (Lezama *et al.*, 2011). En el estrato inferior, por debajo de los 10 cm de altura, se encuentran las especies que son intensamente pastoreadas por el ganado, siendo muy abundantes las gramíneas perennes C4, especialmente las de crecimiento postrado (p.ej. *Paspalum notatum*). También son muy frecuentes gramíneas perennes C3, hierbas de bajo porte y graminoides (Altesor *et al.*, 2006).

Como consecuencia de la diferente presión de pastoreo a las que son sometidas las especies de uno y otro estrato, es habitual que dominen las especies del estrato superior, dando lugar a lo que se conoce popularmente en Uruguay como "campo sucio". Esta expresión integra varias dimensiones que, en conjunto son percibidas por los productores ganaderos como perjudiciales; la disminución del área de pastoreo, el tiempo extra que debe asignarse a la vigilancia del ganado y el hecho de que brinden refugio a predadores (Milot *et al.*, 1987; Rosengurtt, 1979). Consecuentemente es frecuente que los ganaderos las controlen, asumiendo que así aumentan las gramíneas forrajeras y mejora el desempeño animal (Fuhlendorf *et al.*, 2009). Sin embargo se ha indicado que el control de malezas en los campos sudamericanos puede implicar la pérdida de la especies nativas (Rodríguez y Jacobo, 2010), alterar la dinámica de la comunidad (De Pellegrini *et al.*, 2010) y favorecer la invasión de otras malezas (Longo *et al.*, 2013; Herrera y Littera, 2009).

La cardilla (*Eryngium horridum* Malme-Apiaceae) es una hierba de mediano-alto porte, que crece formando densos manchones y los productores ganaderos la suelen controlar de forma química y/o mecánica (García, 2007; Lallana *et al.*, 2005;

Carámbula *et al.*, 1995). Generalmente se asume que el control de malezas a nivel de comunidad, implica una disminución del gradiente vertical de pastoreo (más área de pastoreo para los mismos animales). Ello de forma indirecta reduciría la intensidad de pastoreo y repercutiría favorablemente en la estructura de la comunidad vegetal.

Sin embargo el control de cardilla a través de su influencia en la distribución horizontal del pastoreo podría generar cambios opuestos a los esperados. Se considera que podrían disminuir las especies con baja tolerancia al pastoreo (por consumo selectivo y/o no tolerantes a la defoliación) que encuentran refugio en la cardilla (Noëll *et al.*, 2013; Fidelis *et al.*, 2009). Entre ellas especies de interés forrajero como gramíneas cespitosas C3 (*Piptochaetium bicolor*, *Piptochaetium stipoides*) y C4 (*Paspalum plicatulum*) que son escasas en condiciones de pastoreo (Altesor *et al.*, 2006; Rodríguez *et al.*, 2003). Además aumentaría la disponibilidad de sitios de colonización de crecimiento que podrían ser ocupados por especies anuales y exóticas (Bresciano *et al.*, 2014a; Chaneton *et al.*, 2002).

El objetivo del presente trabajo es evaluar los cambios a corto plazo en la composición florística y funcional de un campo natural luego de implementados distintos métodos de control de cardilla. La hipótesis de trabajo es que el control de cardilla modifica la estructura de campo natural a escala local. Para probar esta hipótesis se realizó un experimento de campo de un año de duración en el que se aplicaron tres métodos de control de cardilla sobre un campo natural en buen estado de conservación y pastoreado a intensidad moderada. Se predice que se reducirá la abundancia de las gramíneas decrecientes frente al pastoreo y el aumentaran tanto de las gramíneas crecientes en pastoreo (Vesk y Westoby, 2001; Noy-Meir *et al.*, 1989), como de las especies anuales, las especies exóticas y el suelo descubierto.

3.4. MATERIALES Y MÉTODOS

3.4.1. Área de estudio

El estudio se realizó en la Unidad Experimental Palo a Pique del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Treinta y Tres, Uruguay (33° 24' S; 54° 50' O, 50 m de altitud). El clima en el territorio uruguayo según la clasificación de Köppen-Geiger (Geiger, 1954) es subtropical húmedo (Cfa). En Treinta y Tres la temperatura media del mes más cálido es 22,8 °C (Enero) y del mes más frío 10,8 °C (Julio) (1971-2014). La precipitación promedio anual es de 1310 mm (1992 - 2014). El sitio de estudio es un potrero de campo natural que durante una década fue pastoreado con bovinos de forma esporádica. El potrero abarca cinco hectáreas y comprende un suelo clasificado según la taxonomía de suelos de USDA-NRCS como Argiaquoll Abruptico (Durán *et al.*, 2006) desarrollado sobre una lomada de pendiente moderada.

3.4.2. Diseño experimental

Se realizó un experimento de bloques completos al azar con tres repeticiones, los bloques se asignaron según posición topográfica. Las parcelas fueron de 30 m por 40 m. Se realizaron los siguientes tratamientos de control de cardilla: control mecánico (CM), control químico (CQ), control integrado (CI), también se incluyó un testigo sin control (SC). Los controles se realizaron en dos momentos: fines de primavera de 2013 (27/12) y otoño 2014 (28/4). El CM se realizó con una herramienta artesanal compuesta de dos llantas de carreta de hierro unidas superiormente por un riel de tren. Para el CQ se utilizó una mezcla comercial de 2,4-D + picloram, Tordon 101[®] (240 g L⁻¹ de 2,4-D + 64 g L⁻¹ de picloram) que fue aplicada con una máquina de control posicional de forma de minimizar la fitotoxicidad en especies no blanco se utilizó (Ríos, 2007). Como coadyuvante se utilizó el surfactante no iónico de nombre comercial Li 700[®]. El CI consistió en una secuencia de los tratamientos anteriores: CM a fines primavera 2013 y CQ en otoño 2014. Por más detalles ver el capítulo 2. El potrero fue pastoreado de forma continua por vacas adultas con una carga fija de 0,8 UG/ha.

3.4.3. Obtención de los datos

Se examinó el efecto de tres métodos de control de cardilla en la composición de la comunidad de un campo natural durante 2013 y 2014. Se realizó un relevamiento florístico antes del inicio de los tratamientos (2013) y otro después de un año (2014). Ambas determinaciones se realizaron en primavera (diciembre) donde además de expresarse las especies de ciclo invernal y estival, la presencia de estructuras florales facilita la identificación de las plantas. La cobertura aérea de todas las especies vegetales y el porcentaje de suelo descubierto se midió en 6 cuadros de 1 m², ubicados en el centro de la parcela. La cobertura de cada especie se estimó visualmente de acuerdo a una escala de abundancia-dominancia modificada de la Braun-Blanquet (1950) con incrementos cada 5%. Los datos de los 6 cuadros de cada parcela se promediaron en cada muestreo. Las especies fueron clasificadas de manera no jerárquica según su forma de vida (gramínea, graminóide, hierba o subarbusto), su ciclo de vida (anual o perenne) y su origen (nativa o exótica). Además se agruparon para su análisis las gramíneas nativas según su respuesta al pastoreo, para lo que se utilizó la clasificación de Cayssials (2010). Para cada grupo funcional se calculó la cobertura media (%) por parcela. Se utilizó la nomenclatura propuesta por Zuloaga *et al.* (2008).

3.4.4. Análisis estadístico

Para analizar el efecto de los tratamientos en la composición florística se realizó un análisis multivariado de escalamiento multidimensional no métrico (nmds, por sus siglas en inglés, Clarke, 1993). Previo a este análisis de ordenación se calculó la constancia de cada una de las especies como el porcentaje de censos en los que estuvo presente cada especie considerando ambos censos. Se utilizó para el nmds la cobertura promedio por parcela de las especies con una constancia mayor a 5%. Para computar la matriz de similitud se utilizó el coeficiente de distancia Bray-Curtis. La representación se realizó en 2 dimensiones y con un máximo de 1000 configuraciones iniciales aleatorias. Se utilizó el paquete Vegan del programa R versión 3.1.1 (R Core Team, 2014).

La diferencia media entre la cobertura (%) de 2014 y de 2013 de cada grupo funcional fue analizada mediante análisis de varianza (ANAVA) ajustando modelos lineales generales mixtos, con el tratamiento como efecto fijo y el bloque como aleatorio. Se analizaron 4 grupos funcionales según forma de vida de las especies: gramíneas, hierbas, graminoides y subarbustos. La cardilla no se incluyó en las hierbas y fue analizada por separado. Además se analizaron las especies anuales y las exóticas, y las gramíneas crecientes y decrecientes en pastoreo. También se analizó la diferencia media en el porcentaje de suelo descubierto y en la cobertura de la gramilla (*Cynodon dactylon*). La gramilla se consideró por separado ya que es la especie exótica invasora más abundante en los campos uruguayos (Bresciano *et al.*, 2014a). Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilks para comprobar el supuesto de distribución normal de los residuos ($\alpha=0,05$) y se aplicó la raíz cuadrada para transformar los datos que no cumplieran este supuesto (subarbustos). Todas las medias fueron comparadas con la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher ($\alpha= 0,05$). La relación entre la diferencia en cobertura entre gramíneas y gramíneas crecientes se analizó con un modelo de regresión lineal. Los análisis se realizaron con el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2014) y su interfaz con los paquetes nlme y lme4 del programa R (R Core Team, 2014).

3.5. RESULTADOS

En el sitio experimental se censaron en total de 144 especies (121 en 2013 y 125 en 2014) pertenecientes a 28 familias, las más representadas fueron Poaceae con 58 especies y Asteraceae con 27 especies. Inicialmente la especie dominante fue la cardilla (*Eryngium horridum*), que junto a la carqueja (*Baccharis trimera*) cubrían aproximadamente el 30% del área. La cobertura de las gramíneas fue de 66%. De dicha cobertura el 36% correspondió a las especies nativas C4 dominantes cespitosas: *Mnesithea selloana*, *Paspalum plicatulum*, *Axonopus suffultus*, *Paspalum dilatatum*, *Dichantherium sabulorum* y *Bothriochloa laguroides*, el 10% a las especies nativas C4 dominantes estoloníferas: *Paspalum notatum* y *Axonopus fissifolius* y el 9% a las especies nativas cespitosas C3: *Nassella charruana*, *Nassella neesiana*, *Piptochaetium montevidense* y *Nassella pauciciliata*. Las especies que

estuvieron presentes solo en un año tenían baja constancia (>7%) y la mayoría eran hierbas.

En el nmds ($k = 2$, ajuste no lineal: $r^2 = 0,983$) se incluyeron 76 especies que explicaron un mínimo de 88% de la cobertura de las parcelas. En el primer eje se denota una clara separación de las parcelas según el año de muestreo, en 2013 y 2014, antes y después de aplicados los métodos de control de cardilla. La distancia Bray-Curtis entre tratamientos fue similar en ambos momentos; 0,27 en 2013 y 0,23 en 2014 (promedio de las 6 distancias entre los 4 tratamientos según año). La aplicación de los métodos de control de cardilla afectó la composición florística y los tratamientos con mayor efecto en CQ y CI (Figura 1A y B). La distancia Bray-Curtis entre las parcelas en 2013 y 2014 fue de 0,59 en CQ y 0,51 en CI (promedio de 3 parcelas). El CM mostró un comportamiento intermedio entre éstos y el testigo (Figura 1C y D). La distancia Bray-Curtis entre las parcelas en 2013 y 2014 de CM y SC fue de 0,38 y 0,29, respectivamente. La variación en el segundo eje fue menor, y separa los bloques 1 y 2 del 3, aunque este efecto no es consistente en CQ.

Los cambios en la comunidad no solo sucedieron a nivel de especies, sino que también hubo efecto de los tratamientos de control de cardilla en las formas de vida. El efecto de mayor magnitud fue en las gramíneas (58 especies), especialmente en CQ y CI, estas incrementaron su cobertura un 20 y 30% después del control, respectivamente. Además de la cardilla, los métodos de control redujeron la cobertura de los subarbustos (6 especies), siendo la carqueja (*Baccharis trimera*) la especie más afectada. El comportamiento de las hierbas (76 especies) y graminoides (3 especies) no fue alterado por los tratamientos ($p > 0,05$) registrándose un leve aumento entre años (Figura 2).

Las gramíneas crecientes en pastoreo aumentaron su cobertura en CQ y CI (Figura 3). Inicialmente ambos tratamientos tenían menos de 15% de cobertura de gramíneas crecientes y aumentaron a 39% luego del control (valores absolutos). El incremento de este grupo se dio por un aumento de *Axonopus fissifolius* y *Paspalum*

notatum que explicaron el 90% de la cobertura final. La mayoría de las especies restantes del grupo también eran perennes C4 (*Bothriochloa laguroides*, *Eragrostis neesii*, *Eustachys paspaloides*, *Schizachyrium spicatum*, *Sporobolus indicus* y *Sporobolus platensis*) y solo dos especies eran C3 (*Piptochaetium montevidense* y *Vulpia australis*). En síntesis, el incremento en la cobertura de las gramíneas fue explicado en un 76% por el incremento en las gramíneas crecientes en pastoreo ($p < 0,05$; $r^2 = 0,76$). Por otra parte, las gramíneas decrecientes en pastoreo (7 especies) disminuyeron en todos los tratamientos y no hubo diferencias significativas entre éstos (Figura 3). La cobertura promedio inicial de las gramíneas decrecientes era de 24% y al final de 15% (valores absolutos). Las especies con mayor reducción de su abundancia fueron *Paspalum plicatulum* y *Mnesithea selloana*.

La cobertura de las especies anuales (26 especies), las exóticas (14 especies) y gramilla (*Cynodon dactylon*), así como el porcentaje de suelo descubierto aumentó levemente de 2013 a 2014 y no hubo diferencias significativas entre tratamientos (Figura 4).

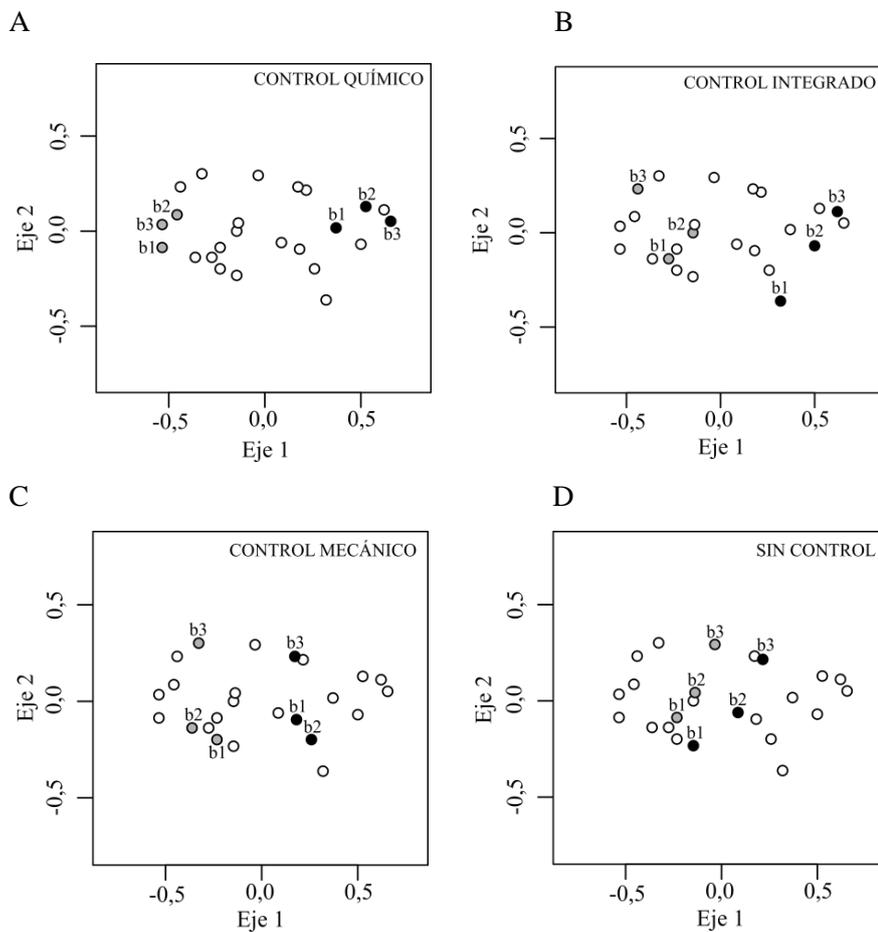


Figura 1 - Ordenación (escalamiento multidimensional no métrico) de parcelas sometidas a control químico (A), integrado (B) y mecánico (C) de cardilla y de un testigo (D) según similitud florística. Cada círculo representa la posición relativa de una parcela en el espacio multivariado. El stress final de la ordenación es 0,13.

○ 2013 (antes del control) ● 2014 (después del control)

b1, b2 y b3 = bloque 1,2 y 3 respectivamente

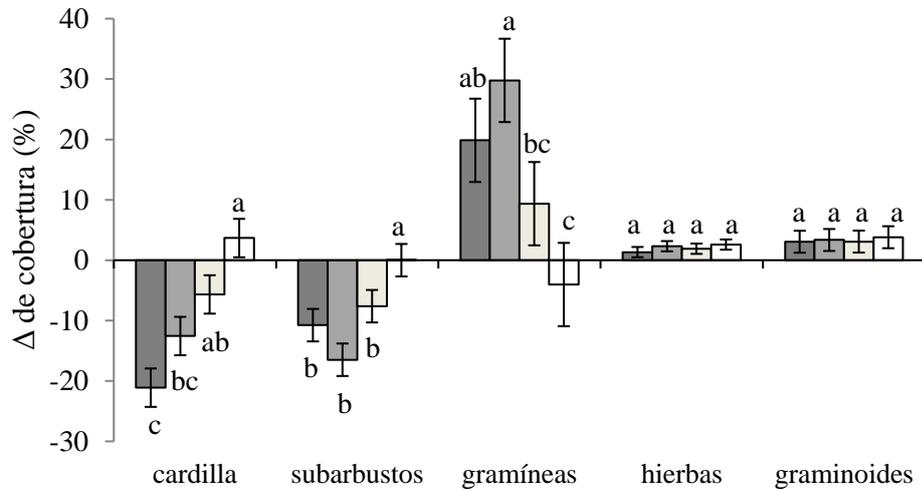


Figura 2 - Variación en la cobertura (%) de cardilla, subarbustos, gramíneas, hierbas y graminoides según método de control de cardilla. Las barras representan las medias ajustadas de la diferencia en cobertura (%) entre 2014 y 2013 y las líneas el error estándar. Las medias seguidas por la misma letra en cada forma de vida no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher ($p > 0,05$)

■ Control químico ■ Control integrado □ Control mecánico □ Sin control

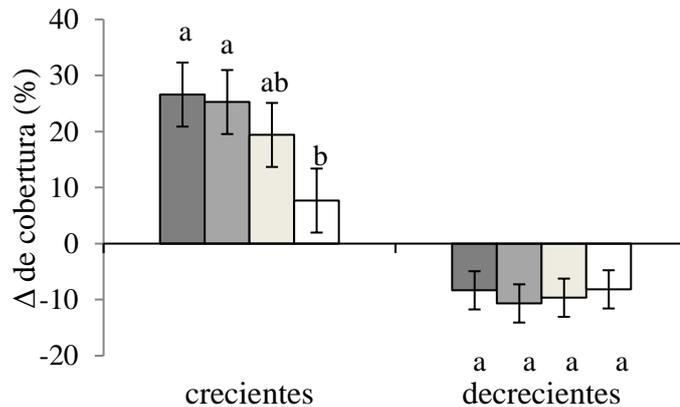


Figura 3 - Variación en la cobertura (%) de gramíneas crecientes y decrecientes en pastoreo. Las barras representan las medias ajustadas de la diferencia en cobertura (%) entre 2014 y 2013 y las líneas el error estándar. Las medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher ($p > 0,05$)

■ Control químico ■ Control integrado □ Control mecánico □ Sin control

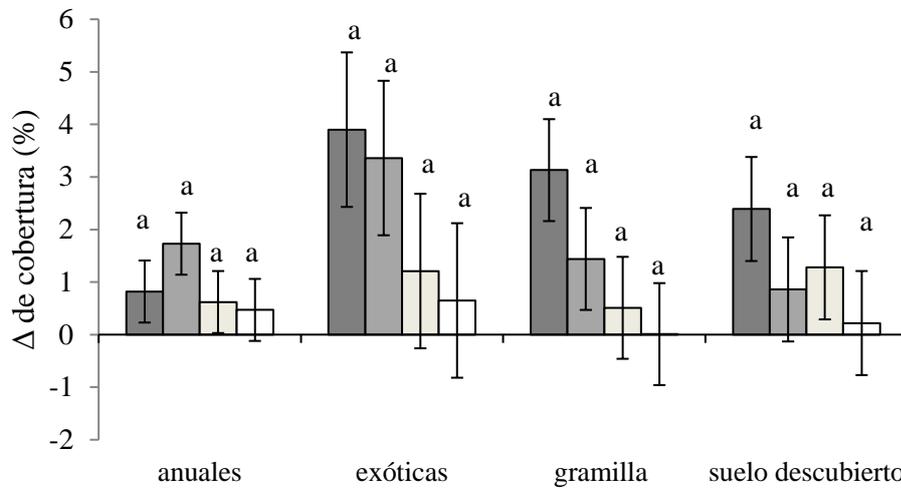


Figura 4 - Variación en la cobertura (%) de especies anuales y exóticas, gramilla y en el porcentaje de suelo descubierto. Las barras representan la diferencia media ajustada en la cobertura (%) entre 2014 y 2013 y las líneas el error estándar. Las medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes entre sí según la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher ($p > 0,05$)

■ Control químico ■ Control integrado □ Control mecánico □ Sin control

3.6. DISCUSIÓN

En términos generales se verificó la hipótesis de que el control de cardilla modifica la estructura de un campo natural. A pesar que los métodos de control evaluados fueron contrastantes, los cambios que provocaron en la composición florística y funcional fueron similares. Específicamente, se registró un notorio incremento de las gramíneas tolerantes al pastoreo (Figura 3), aunque no hubo efecto del control en las gramíneas decrecientes ni en las especies ruderales (Figura 4).

El control de malezas afecta la estructura del campo en primera instancia de forma directa al dañar selectivamente a algunas especies y a otras no. Ello lleva a cambios posteriores en las interacciones entre las especies y los grupos funcionales que alteran de forma indirecta la estructura de la comunidad (Rodríguez y Jacobo, 2010). En este estudio a pesar del contraste entre los métodos evaluados, la susceptibilidad de las especies fue similar y dependiente de su posición en la

estructura vertical de la comunidad; las especies del estrato superior tuvieron una elevada susceptibilidad al control y las especies del estrato inferior fueron tolerantes por escape. Es así que, redujeron su abundancia tanto la cardilla, la carqueja y demás subarbustos. Este resultado se relaciona con los implementos utilizados, la llanta lastrada se desplaza ligeramente sobre la superficie del campo y afecta mayormente a las especies con base gruesa y/o lignificada, quedando relativamente intactas las hierbas menores, gramíneas y gramínoideas. La máquina de alfombra utilizada tiene selectividad posicional, solo las especies del estrato superior reciben al herbicida. En este estudio a la selectividad posicional se le agrega la selectividad del herbicida (Tordon 101[®]) sobre las gramíneas. La mayor eficacia de control de cardilla se registró en los tratamientos que incluyeron la aplicación de dicho herbicida (control químico e integrado), en los que las especies del estrato superior mermaron un 30% su cobertura con respecto a su situación inicial (Figura 5). También debe mencionarse que si bien no se detectó efecto del Tordon 101[®] en la abundancia de las hierbas, Ríos (2007) menciona que la cardilla tendría la capacidad de exudar el picloram por vía radical y ello afectaría a las leguminosas introducidas como *Lotus pedunculatus*. En cuanto a los efectos indirectos del control, a nivel de formas de vida únicamente se registró un aumento importante en la cobertura de las gramíneas, la cobertura de hierbas y gramínoideas se mantuvo prácticamente incambiada antes y después del control (Figura 2). Por tanto los tres métodos de control evaluados cumplieron con el objetivo por el cual son utilizados por los productores ganaderos, reducir malezas y aumentar las gramíneas.

La cardilla tiene un efecto positivo en las gramíneas altamente palatables e intensamente consumidas por el ganado y un efecto negativo en especies postradas con menos habilidad de competir por luz (Noëll *et al.*, 2013; Fidelis *et al.*, 2009). Este estudio pretende dilucidar si el control de la cardilla modifica la comunidad vegetal a través de la reducción de las gramíneas susceptibles al pastoreo y el aumento en las tolerantes. Efectivamente, la remoción de la cardilla (y de las restantes especies del estrato superior) fue capitalizada por las gramíneas crecientes en pastoreo, que aumentaron su cobertura en un 25% en el control químico e

integrado. Éstos resultados se asocian a que la mayor eficacia del control fue en primavera (ver capítulo 2), coincidiendo entonces la liberación de espacio (y demás recursos) con el período de máximo crecimiento de *Axonopus fissifolius* y *Paspalum notatum*, las gramíneas crecientes más conspicuas, que además, por ser estoloníferas colonizan eficientemente el espacio.

Contrariamente a lo esperado, no hubo diferencias entre tratamientos en la cobertura de gramíneas decrecientes. Tanto el testigo como los controles redujeron moderadamente la cobertura de este grupo funcional (~10%). Se conjetura que en esta respuesta podrían interactuar tres factores: las características de relación cardilla-decrecientes, la condición inicial del campo y el lapso del estudio. La cardilla facilita a las gramíneas palatables por una vía indirecta: actúa como refugio biótico, que es un tipo de facilitación común en ambientes productivos (Milchunas y Noy-Meir, 2002). Pero entre la especie "refugio" y la "refugiada" en simultáneo también opera la competencia, incluso esta podía predominar sobre la facilitación cuando la intensidad de pastoreo es baja (Graff *et al.*, 2007; Bertness y Callaway, 1994). Previo a la instalación del experimento, el pastoreo del sitio era esporádico y con baja-moderada intensidad y las gramíneas decrecientes ocupaban el 25% del área. La presencia de estas especies no se limitó entonces a los parches de cardilla, sino que se encontraban integradas a la matriz de gramíneas y probablemente estuvieran compitiendo por recursos con la cardilla. Quizás el lapso del experimento fue insuficiente para evidenciar el cambio en el balance neto entre competencia/facilitación en el testigo, y de esa forma establecer un contraste con los tratamientos de control de cardilla. Aunque no se ha reportado el tiempo requerido por las especies crecientes para sustituir a las decrecientes con el aumento de la intensidad de pastoreo, sí existen antecedentes del proceso inverso. En ese caso, la exclusión del pastoreo aumenta la competencia por luz, se incrementan las especies de hábito erecto, y las decrecientes sustituyen a las crecientes en un proceso que se evidencia a los 2 años del retiro del ganado (Rodríguez *et al.*, 2003).

Según Herrera y Littera (2009) los patrones de invasión de los campos dependen tanto de la composición florística de la comunidad y su nivel de perturbación, como de los rasgos de las especies relacionados al proceso de colonización (invasividad). *A priori* se consideraba que el control de malezas sería una perturbación con las mismas consecuencias que el sobrepastoreo, y que aumentaría la invasibilidad de la comunidad producto del aumento en la disponibilidad de recursos y de micro-sitios aptos para el reclutamiento (Roscher *et al.*, 2009; Davis *et al.*, 2000). Ello, sumado a la elevada disponibilidad de semillas en el banco del suelo (Haretche y Rodríguez, 2006), se reflejaría en el aumento de las especies ruderales. Sin embargo no se constató efecto del control de malezas en la abundancia de las especies anuales y exóticas. Probablemente el buen desempeño de las C4 limitó la oportunidad de reclutamiento de éstos grupos funcionales. Las gramíneas C4 se han relacionado con una elevada resistencia a la invasión tanto a escala local (Longo *et al.*, 2013; Smith y Knapp, 1999) como regional (Bresciano *et al.*, 2014a; Perelman *et al.*, 2007) e incluso podrían enmascarar el efecto del pastoreo (Altesor *et al.*, 2006). Sin embargo la invasibilidad no es un atributo intrínseco de la comunidad y los cambios relevados pueden tener implicancias a futuro. Concretamente el aumento en las de gramíneas perennes C4 de crecimiento postrado puede aumentar la susceptibilidad de la comunidad por su menor habilidad de competir por luz (Bresciano *et al.*, 2014b).

Visto que las gramíneas que aumentaron su abundancia son valiosas como forrajeras (Rosengurtt, 1979), desde el punto de vista práctico hubo un reemplazo de gramíneas palatables C4 cespitosas por gramíneas palatables C4 estoloníferas. Por tanto se concluye que, al menos en el corto plazo, los métodos aplicados para el control de cardilla no implican un riesgo para la conservación del campo natural y tampoco se deteriora su aptitud forrajera. Por ende, cualquiera de los métodos evaluados podría ser utilizado en predios ganaderos, quedando supeditada la elección del método a aspectos de índole agronómico (p.ej. costo o eficacia del control). Sin embargo el plazo acotado del estudio exige ser cautelosos con éstos resultados.

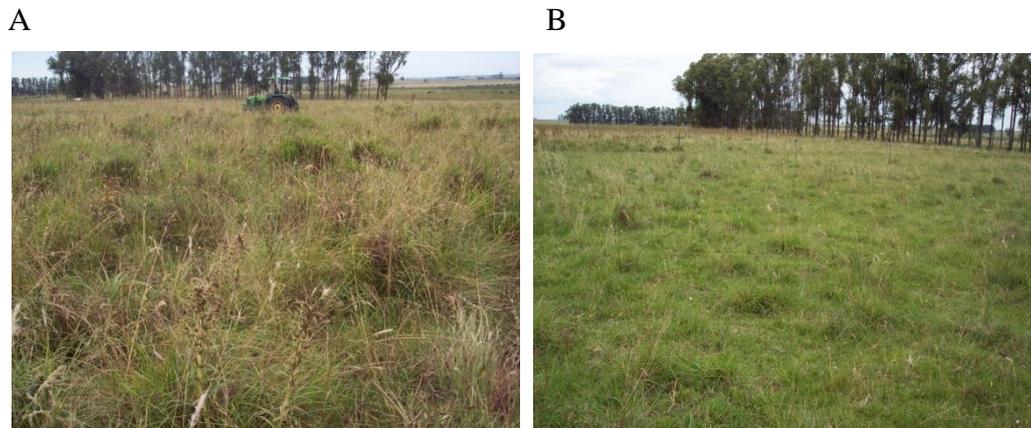


Figura 5 - Fotografía de una parcela de control integrado en A) diciembre 2013 (antes del control) y B) diciembre 2014 (después del control).

3.7. BIBLIOGRAFÍA

Altesor A, Piñeiro G, Lezama F, Jackson RB, Paruelo JM. 2006. Ecosystem changes associated with grazing in subhumid South American grasslands. *Journal of Vegetation Science*, 17 (3): 323 - 332.

Bertness MD, Callaway R. 1994. Positive interactions in communities. *Trends in Ecology & Evolution*, 9 (5): 191 - 193.

Braun-Blanquet J. 1950. Sociología vegetal. Estudio de las comunidades vegetales. Buenos Aires: ACME Agency. 444 p.

Bresciano D, Rodríguez C, Lezama F, Altesor A. 2014a. Patrones de invasión de los pastizales de Uruguay a escala regional. *Ecología Austral*, 24: 83 - 93.

Bresciano D, Altesor A., Rodríguez C. 2014b. The growth form of dominant grasses regulates the invasibility of Uruguayan grasslands. *Ecosphere*, 5 (9): 1 - 12.

Carámbula M, Ayala W, Bermúdez R, Carriquiry E. 1995. Control de cardilla. Montevideo: INIA. (Serie técnica; 57). 11 p.

Carvalho PCF, da Silva SC, Nabinger C, de Moraes A, Genro TCM. 2008. Managing natural grasslands in a changing world: grazing ecology insights to accomplish re-oriented management expectations. En: Hong Fuzeng et al. (Eds.). Multifunctional grasslands and rangelands in a changing world. Beijing: Guangdong People's Publishing House. pp. 415 - 421.

Cayssials V. 2010. Relación entre atributos de las gramíneas nativas de pastizales uruguayos y el ambiente: efectos del hábitat y del pastoreo. Tesis Maestría en Ciencias Biológicas. Montevideo, Uruguay. Facultad de Ciencias. 70 p.

Chaneton EJ, Perelman SB, Omacini M, León RJC. 2002. Grazing, environmental heterogeneity, and alien plant invasions in temperate Pampa grasslands. *Biological Invasions*, 4 (1-2): 7 - 24.

Clarke KR. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18 (1): 117 - 143.

Davis MA, Grime JP, Thompson K. 2000. Fluctuating resources in plant communities: a general theory of invasibility. *Journal of Ecology*, 88: 528 - 534.

De Pellegrini LG, Nabinger C, Carvalho PCDF, Neumann M. 2010. Produção de forragem e dinâmica de uma pastagem natural submetida a diferentes métodos de controle de espécies indesejáveis e á adubação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39 (11): 2380 - 2388.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Cuadroda M., Robledo C.W. 2014. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>

Durán A, Califra A, Molfino JH, Lynn W. 2006. Keys to soil taxonomy for Uruguay. Washington: USDA, NRCS. 77 p.

Fidelis A, Overbeck GE, Pillar VD, Pfadenhauer J. 2009. The ecological value of *Eryngium horridum* in maintaining biodiversity in subtropical grasslands. *Austral Ecology*, 34: 558 - 566.

Fuhlendorf SD, Engle DM, O'Meilia CM, Weir JR, Cummings DC. 2009. Does herbicide weed control increase livestock production on non-equilibrium rangeland? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 132 (1): 1 - 6.

García A. 2007. Efecto del manejo del pastoreo sobre la dinámica poblacional de malezas de campo sucio. En: Ayala W, Saravia H. (Eds.). Seminario de actualización técnica en manejo y control de malezas de campo sucio. Montevideo: INIA. (Serie técnica; 164). pp. 7 - 14.

Geiger R. 1954. Klassifikation der Klimate nach W. Köppen. En: Landolt-Börnstein – Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik. Berlín: Springer. (Volumen 3). pp. 603 - 607.

Graff P, Aguiar MR, Chaneton EJ. 2007. Shifts in positive and negative interactions along a grazing intensity gradient. *Ecology*, 88 (1): 188 - 199.

Haretche F, Rodríguez C. 2006. Banco de semillas de un pastizal uruguayo bajo diferentes condiciones de pastoreo. *Ecología austral*, 16: 105 - 113.

Herrera LP, Lattera P. 2009. Do seed and microsite limitation interact with seed size in determining invasion patterns in flooding Pampa grasslands? *Plant Ecology*, 201: 457 - 469.

Lallana VH, Lallana MC, Elizalde JH, Billard C, Sabattini RA, Rochi G, Faya L, Anglada M. 2005. Control mecánico y químico de *Eryngium horridum* Malme en un pastizal bajo pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal*, 25: 123 - 125.

Lezama F, Altesor A, Pereira M, Paruelo JM. 2011. Descripción de la heterogeneidad florística de las principales regiones geomorfológicas de Uruguay. En: Altesor A, Ayala W, Paruelo JM. (Eds.). Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales. Montevideo: INIA. (Serie fpta; 26). pp. 15 - 32.

Longo G, Seidler TG, Garibaldi LA, Tognetti PM, Chaneton EJ. 2013. Functional group dominance and identity effects influence the magnitude of grassland invasion. *Journal of Ecology*, 101: 1114 - 1124.

Milchunas DG, Noy-Meir I. 2002. Grazing refuges, external avoidance of herbivory and plant diversity. *Oikos*, 99: 113 - 130.

Millot JC, Risso D, Methol R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Montevideo: MAP. 199 p.

Noëll SE, Semmartin M, Paruelo JM. 2013. Refuge effect of an unpalatable forb on community structure and grass morphology in a temperate grassland. *Plant Ecology*, 214 (3): 363 - 372.

Noy-Meir I, Gutman M, Kapland Y. 1989. Responses of Mediterranean grassland plants to grazing and protection. *Journal of Ecology*, 77: 290 - 310.

Perelman SB, Chaneton EJ, Batista WB, Burkart SE, León RJ. 2007. Habitat stress, species pool size and biotic resistance influence exotic plant richness in the Flooding Pampa grasslands. *Journal of Ecology*, 95 (4): 662 - 673.

R Core Team. 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en: <http://www.R-project.org/>.

Ríos A. 2007. Control posicional de cardilla (*Eryngium horridum*) en campo sucio. En: Ayala W, Saravia H. (Eds.). Seminario de actualización técnica en manejo y control de malezas de campo sucio. Montevideo: INIA. (Serie técnica; 164). pp. 35 - 47.

Rodríguez A, Jacobo E. 2010. Glyphosate application changes plant functional groups proportion and reduces floristic richness and diversity in Flooding Pampa rangeland (Argentina). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 138 (3-4): 222-231.

Rodríguez C, Leoni E, Lezama F, Altesor A. 2003. Temporal trends in species composition and plant traits in natural grasslands of Uruguay. *Journal of Vegetation Science*, 14: 433 - 440.

Roscher C, Beßler H, Oelmann Y, Engels C, Wilcke W, Schulze E.-D. 2009. Resources, recruitment limitation and invader species identity determine pattern of spontaneous invasion in experimental grasslands. *Journal of Ecology*, 97: 32 -47.

Rosengurtt B. 1979. Cuadros de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Montevideo: División Publicaciones y Ediciones. 86 p.

Smith MD, Knapp AK. 1999. Exotic plant species in a C4-dominated grassland: invasibility, disturbance, and community structure. *Oecologia*, 120: 605 - 612.

Vesk PA, Westoby M. 2001. Predicting plant species' responses to grazing. *Journal of Applied Ecology*, 38: 897 - 909.

Zuloaga F, Morrone O, Belgrano M. 2008. Catálogo de las plantas vasculares del cono sur (Argentina, sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 107, 3 volúmenes. 3486 p.

4. DISCUSIÓN GENERAL⁵

La ganadería en Uruguay se enfrenta al desafío de mejorar el desempeño productivo y económico de los predios sin degradar su principal recurso forrajero: el campo natural. Ello exige, entre otras cosas, un profundo re-análisis de las prácticas de manejo tradicionales que modifican la vegetación; régimen de pastoreo, manejo de malezas, fertilización, aplicación de riego, introducción de especies, etc. En el caso particular del manejo de malezas nativas ha primado un enfoque de investigación reduccionista. El manejo reduccionista es aquel que utiliza métodos directos de control para reducir la abundancia de la maleza sin considerar factores biológicos, sociales y económicos (Radosevich et al. 2007). Alternativamente en este estudio se utilizó como modelo de estudio el "manejo sucesional de malezas" propuesto por Sheley et al. (1996).

El "manejo sucesional de malezas" es un modelo ecológico que propone la manipulación de los procesos y mecanismos que dirigen la dinámica y estructura de la comunidad. Se basa en el modelo de sucesión propuesto por Pickett et al. (1987) y postula la necesidad de influenciar de forma coordinada las causas generales de la sucesión para mejorar la condición de la vegetación. Es así que, este modelo tiene tres componentes: la aplicación de perturbaciones, el control de la colonización y el control del desempeño de las especies (Sheley et al. 2006). En este trabajo se aplicó solo uno de estos tres componentes: el control del desempeño de las especies, evaluando tres métodos comúnmente aplicados en predios ganaderos; el pasaje de una herramienta de corte (llanta lastrada), la aplicación de un herbicida auxínico (Tordon 101[®]) y la combinación de ambos. El objetivo fue elucidar si dichos métodos de control aplicados en un campo natural dominado por cardilla alterarían de forma negativa a la comunidad mediante la reducción de las gramíneas decrecientes en pastoreo y el aumento de las especies anuales e invasoras. Para responder esta interrogante seleccionamos una comunidad con una historia reciente de bajos niveles de perturbaciones (pastoreo moderado y sin fuego) y con una

⁵ La numeración de cuadros y figuras es consecutiva a la de la introducción.

elevada abundancia de gramíneas decrecientes. Atendiendo a que este estudio pretende utilizar conceptos ecológicos para el diseño de esquemas de manejo ganadero fue necesario modificar la presión de pastoreo del área para que se asemejase a una situación real de producción. Como consecuencia, los cambios sucesionales registrados fueron producto de la interacción del control de malezas con el incremento de la intensidad y frecuencia de pastoreo.

A nivel de la comunidad, se observó un aumento significativo de la cobertura de gramíneas frente a los controles, especialmente de las crecientes en pastoreo (*Paspalum notatum* y *Axonopus fissifolius*). En cuanto a las gramíneas decrecientes, se registró una merma generalizada en su cobertura, pero no hubo diferencias entre los tratamientos del control y el testigo. Tampoco la hubo en la cobertura de las restantes hierbas (sin considerar cardilla) o graminoides. Aparentemente la aplicación posicional de herbicida y del control mecánico serían, desde el punto de vista productivo, "inocuos" para la comunidad, aunque las condiciones particulares del sitio y el breve plazo del experimento no permiten ser enfáticos respecto a ello. Específicamente, con respecto a las malezas, los tratamientos de control afectaron directamente a la cardilla y a la carqueja, pero mientras que la primera fue más susceptible al herbicida, la segunda fue afectada mayormente por la llanta lastrada.

El desempeño de la cardilla se evaluó periódicamente a través de parámetros demográficos; la densidad y estructura de tamaños de rosetas así como en términos de la cobertura de la maleza. Esta información confirmó la mayor susceptibilidad de la especie al Tordon 101[®] que al corte con la llanta lastrada. El Tordon 101[®] redujo notoriamente la cobertura como la densidad de rosetas de cardilla, por su parte la llanta lastrada no afectó la densidad de rosetas, y tuvo un efecto sensiblemente menor sobre el área de rechazo. Contrario a lo esperado no hubo una mayor eficiencia por combinar métodos y el control integrado se asemejó en todos los aspectos al control químico. Las rosetas más susceptibles al control fueron las de más de 51 cm de diámetro, que además, contribuyen sustancialmente en la generación del área de

rechazo. Ello induce a cuestionar la efectividad de la segunda y tercera fecha de control, especialmente en el control químico, donde las rosetas grandes eran pocas.

Como ya se mencionó, el manejo sucesional de malezas es un proceso continuo, donde las acciones sobre los componentes del modelo (perturbación, colonización, desempeño) se repiten o alternan para generar cambios predecibles en la comunidad. Se concluye que tanto la aplicación posicional de Tordon 101[®] como el pasaje de la llanta lastrada pueden ser incluidos en esquemas de manejo sucesional de cardilla. Sin embargo, difieren los componentes del modelo a abordar en las siguientes etapas. En el caso de la llanta lastrada se deberá mejorar la eficiencia de control (control del desempeño de cardilla) a través de la evaluación de las condiciones óptimas de uso. Es preciso ajustar el momento y frecuencia de uso en función de la estructura de la población. También sería propicio evaluar en detalle las condiciones climáticas que aumentarían el daño al rizoma. Si bien se postula que el suelo húmedo promovería el arranque y posterior pudrición de rizomas (Formoso y Martínez 2012) ello no ha sido formalmente evaluado. La aplicación posicional de Tordon 101 debería contemplar un posterior "control de la colonización" de las especies ruderales. A pesar de que no hubo efecto de los tratamientos en el porcentaje de suelo descubierto ni en la cobertura de anuales o exóticas, se considera que las condiciones iniciales del experimento condicionaron este resultado. El primer control de primavera fue el más efectivo, entonces la liberación de sitios y recursos por parte de la cardilla coincidió con un excelente estado de la comunidad y un momento favorable de crecimiento de sus especies dominantes (gramíneas C4). Se mantiene la interrogante que pasaría en condiciones menos favorables de la comunidad como por ejemplo en situaciones de estrés hídrico (Scharma y Bardgett 2016).

El manejo sucesional de malezas postula que la comunidad además de ser productiva tiene que sostener los otros objetivos de los pastizales, entre ellos mantener las condiciones de hábitat favorable para la fauna nativa. En ese sentido, las comunidades de artrópodos y aves podrían ser afectadas directamente por el

control (Egan et al. 2014) o indirectamente por los cambios en la arquitectura de la vegetación (Cozzani y Zalba 2009, Romero y Vasconcellos-Neto 2005).

Finalmente, además de la dimensión biofísica, es importante que se examinen aspectos igualmente relevantes y también generalmente omitidos, de la dimensión técnico-productiva y de la socio-económica del manejo de malezas (Aguiar 2005). Particularmente es preciso dimensionar el impacto de las malezas en el desempeño animal y entender mejor la dinámica enmalezamiento- manejo del pastoreo-clima. Ello contribuiría a evaluar la pertinencia del control de las malezas nativas.

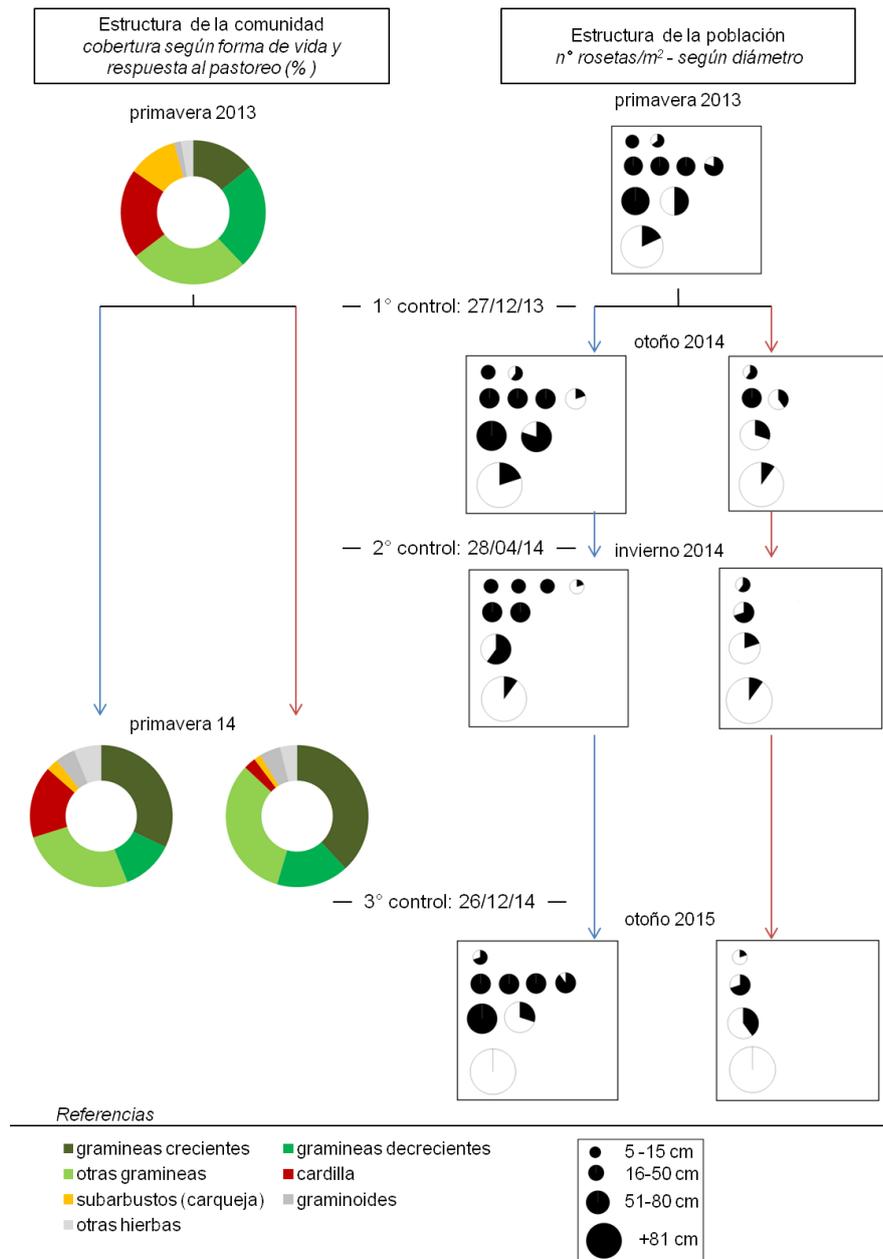


Figura 7 - Cambios a nivel de comunidad vegetal (izquierda) y población de cardilla (derecha) en el control mecánico (flecha azul) y químico (flecha roja).

En el sector izquierdo se representa la cobertura de especies, según forma de vida y respuesta al pastoreo de gramíneas para el control mecánico (izq) vs control químico (der). La cardilla se presenta separada de las restantes hierbas.

En el sector derecho se representa la densidad de rosetas (n° rosetas/m²) según diámetro en el control mecánico (izq) vs control químico (derecha). Cada círculo completo representa una roseta de cardilla y su tamaño ejemplifica su clase de tamaño.

No se representan el testigo sin control ni el control integrado dado que el testigo varió levemente y el control integrado se asemejó al control químico.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Aguiar MR. 2005. Biodiversity in grasslands. Current changes and future scenarios. En: Reynolds SG, Frame J. (Eds.). Grasslands: developments, opportunities, perspectives. Enfield: Science Publishers. 261 - 280.
- Allen VG, Batello C, Berretta EJ, Hodgson J, Kothmann M, Li X, McIvor J, Milne J, Morris C, Peeters A, Sanderson M. 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals. Grass and Forage Science. 66: 2 - 28.
- Altesor A, Piñeiro G, Lezama F, Jackson RB, Paruelo JM. 2006. Ecosystem changes associated with grazing in subhumid South American grasslands. Journal of Vegetation Science. 17 (3): 323 - 332.
- Altesor A, Oesterheld M, Leoni E, Lezama F, Rodríguez C. 2005. Effect of grazing on community structure and productivity of a Uruguayan grassland. Plant Ecology. 179: 83 - 91.
- Altesor A, Di Landro E, May H, Ezcurra E. 1998. Long-term species change in a Uruguayan grassland. Journal of Vegetation Science. 9 (2): 173-180
- Andrade BO, Koch C, Boldrini II, Vélez-Martin E, Hasenack H, Hermann JM, Kollmannb J, D. Pillar V, Overbeck GE. 2015. Grassland degradation and restoration: a conceptual framework of stages and thresholds illustrated by southern Brazilian grasslands. Natureza & Conservação. 13 (2): 95 - 104.
- Baldi G, Guerschman JP, Paruelo JM. 2006. Characterizing fragmentation in temperate South America grasslands. Agriculture, Ecosystems and Environment. 116: 197 - 208.

- Bermúdez R, Ayala W. 2005. Producción de forraje de un campo natural de la zona de lomadas del este. En: Gómez Miller R, Albicette MM. (Eds.). Seminario de actualización técnica en manejo de campo natural. Montevideo: INIA. (Serie técnica; 151). 33 - 40.
- Bertness MD, Callaway R. 1994. Positive interactions in communities. *Trends in Ecology and Evolution*. 9 (5): 191 - 193.
- Booth BD, Murphy SD, Swanton CJ. 2003. Weed ecology in natural and agricultural systems. Wallingford: Cab International. 303 p.
- Braun-Blanquet J. 1950. Sociología vegetal. Estudio de las comunidades vegetales. Buenos Aires: ACME Agency. 444 p.
- Bresciano D, Rodríguez C, Lezama F, Altesor A. 2014a. Patrones de invasión de los pastizales de Uruguay a escala regional. *Ecología Austral*. 24: 83 - 93.
- Bresciano D, Altesor A., Rodríguez C. 2014b. The growth form of dominant grasses regulates the invasibility of Uruguayan grasslands. *Ecosphere*. 5 (9): 1 - 12.
- Burkart A, Bacigalupo NM. 2005. Flora ilustrada de Entre Ríos (Argentina). Parte IV Dicotiledóneas Arquiclamídeas B: Geraniales a Umbelliflorales. Buenos Aires: INTA. 627 p.
- Cámpora FL. 1985. Observaciones sobre la biología de *Eryngium horridum*, "cardilla", "caraguatá". Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 94 p.
- Carámbula M, Ayala W, Bermúdez R, Carriquiry E. 1995. Control de cardilla. Montevideo: INIA. (Serie técnica; 57). 11p.

- Carvalho PCF, da Silva SC, Nabinger C, de Moraes A, Genro TCM. 2008. Managing natural grasslands in a changing world: grazing ecology insights to accomplish re-oriented management expectations [En línea]. En: Hong Fuzeng et al. (Eds.). Multifunctional grasslands and rangelands in a changing world. Beijing: Guangdong People's Publishing House. 415 - 421. Consultado 13 junio 2016. Disponible en: <http://www.ufrgs.br/agronomia/materiais/managing%20natural%20grasslands%20in%20a%20changing%20world.pdf>
- Cayssials V. 2010. Relación entre atributos de las gramíneas nativas de pastizales uruguayos y el ambiente: efectos del hábitat y del pastoreo. Tesis Maestría en Ciencias Biológicas. Montevideo, Uruguay. Facultad de Ciencias. 70 p.
- Chaneton EJ, Perelman SB, Omacini M, León RJC. 2002. Grazing, environmental heterogeneity, and alien plant invasions in temperate Pampa grasslands. *Biological Invasions*. 4 (1-2): 7 - 24.
- Clarke KR. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*. 18 (1): 117 - 143.
- Cozzani N, Zalba SM. 2009. Estructura de la vegetación y selección de hábitats reproductivos en aves del pastizal pampeano. *Ecología Austral*. 19: 35 - 44.
- Crancio LA, Carvalho PCDF, Nabinger C, Boldrini II. 2007. Controle de plantas nativas indesejáveis dos campos naturais de Rio Grande de Sul. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*. 13 (1-2): 115 - 124.
- Davis MA, Grime JP, Thompson K. 2000. Fluctuating resources in plant communities: a general theory of invasibility. *Journal of Ecology*. 88: 528 - 534.

De Pellegrini LG, Nabinger C, Carvalho PCDF, Neumann M. 2010. Produção de forragem e dinâmica de uma pastagem natural submetida a diferentes métodos de controle de espécies indesejáveis e á adubação. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 39 (11): 2380 - 2388.

DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuarias). 2013. Censo general agropecuario 2011: resultados definitivos. [En línea]. Montevideo: MGAP (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca). Consultado 18 febrero 2016. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-censo-2011-resultados-definitivos,O,es,0>,

DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuarias). 2001. Censo general agropecuario 2000: resultados definitivos. Volumen 1. [En línea]. Montevideo: MGAP (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca). Consultado 18 febrero 2016. Disponible en: http://www.mgap.gub.uy/Dieaanterior/CENSO2000/ResultadosDefinitivosVol_1/default.htm

Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Cuadroda M., Robledo CW. 2014. InfoStat versión 2014. [En línea]. Córdoba: FCA, UNC (Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Córdoba). Consultado 22 julio 2014. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>

DiTomaso JM. 2000. Invasive weeds in rangelands: Species, impacts, and management. *Weed Science*. 48: 255 - 265.

Durán A, Califra A, Molfino JH, Lynn W. 2006. Keys to soil taxonomy for Uruguay. Washington: USDA, NRCS. 77 p.

- Egan JF, Bohnenblustb E, Gosleec S, Mortensena D, Tookerb J. 2014. Herbicide drift can affect plant and arthropod communities. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 185 (1): 77 - 87.
- Ehrenfeld JG. 2010. Ecosystem consequences of biological invasions. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*. 41 (1): 59 - 80.
- Elizalde JH, Salinas AR, Lallana VH. 2005. Lluvia de semillas de una población de *Eryngium horridum* Malme en un campo de Oro Verde, Entre Ríos, Argentina. *Revista Científica Agropecuaria*. 9 (2): 39 - 45.
- Fernández G, Texeira M, Altesor A. 2014. The small scale spatial pattern of C3 and C4 grasses depends on shrub distribution. *Austral Ecology*. 39: 532 - 539.
- Fidelis A, Overbeck GE, Pillar VD, Pfadenhauer J. 2009. The ecological value of *Eryngium horridum* in maintaining biodiversity in subtropical grasslands. *Austral Ecology*. 34: 558 - 566.
- Fidelis A, Overbeck G, Pillar VD, Pfadenhauer J. 2008. Effects of disturbance on population biology of the rosette species *Eryngium horridum* Malme in grasslands in the southern Brazil. *Plant Ecology*. 195: 55 - 67.
- Fidelis A. 2004. Effects of disturbance on population biology of *Eryngium horridum* Malme in grasslands in Southern Brazil. Tesis Maestría en Ecología. Múnich, Alemania. Universidad Técnica de Múnich. 144 p.
- Formoso D, Martínez M. 2012. Control de malezas de campo sucio. En: *Revista Plan Agropecuario*, 141. Montevideo: Instituto Plan Agropecuario. 48 - 50.
- Formoso D. 1997. Consideraciones sobre dos malezas importantes en los campos: chilca (*Eupatorium buniifolium*) y cardilla (*Eryngium horridum*). En:

- Carámbula M, Vaz Martins D, Indarte E. (Eds.). Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo: INIA. (Serie técnica; 13). 143 - 145.
- Fuhlendorf SD, Engle DM, O'Meilia CM, Weir JR, Cummings DC. 2009. Does herbicide weed control increase livestock production on non-equilibrium rangeland? *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 132 (1): 1 - 6.
- García A. 2007. Efecto del manejo del pastoreo sobre la dinámica poblacional de malezas de campo sucio. En: Ayala W, Saravia H. (Eds.). Seminario de actualización técnica en manejo y control de malezas de campo sucio. Montevideo: INIA. (Serie técnica; 164). 7 - 14.
- Geiger R. 1954. Klassifikation der Klimate nach W. Köppen. En: Landolt-Börnstein – Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik. Berlín: Springer. (Volumen 3). pp. 603 - 607.
- Gibson DJ. 2009. Grasses and grassland ecology. Oxford: Oxford University Press. 305 p.
- Graf E, Gazzano I, Torres A, Bresciano D, Pezzani F, Burgueño J. 1998. Proyecto: ecología de malezas en campo natural *Eryngium horridum* Malme “cardilla” efecto del pastoreo sobre el comportamiento poblacional. En Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical: Grupo Campos (14°, 1994, Salto). Anales. Montevideo: INIA. (Serie técnica; 94). 193 - 198.
- Graff P, Aguiar MR, Chaneton EJ. 2007. Shifts in positive and negative interactions along a grazing intensity gradient. *Ecology*. 88 (1): 188 - 199.

- Haretche F, Rodríguez C. 2006. Banco de semillas de un pastizal uruguayo bajo diferentes condiciones de pastoreo. *Ecología Austral*. 16: 105 - 113.
- Heady HF, Child RD. 1994. *Rangeland Ecology and Management*. Boulder: Westview. 520 p.
- Heguy B, Vecchio MC. 2015. La altura del canopeo modifica la emergencia de *Eryngium horridum* Malme (caraguatá) en un pastizal templado de Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*. 114 (2): 279 - 286.
- Herrera LP, Lathera P. 2009. Do seed and microsite limitation interact with seed size in determining invasion patterns in flooding Pampa grasslands? *Plant Ecology*. 201: 457 - 469.
- Holechek JL, Pieper RD, Herbel CH. 1995. *Rangeland management. Principles and practices*. 2 ed. New Jersey: Prentice Hall. 526p.
- Holzner W. 1982. Concepts, categories and characteristics of weeds. En: Holzner W, Numata M. (Eds.) *Biology and ecology of weeds*. La Haya: Junk. 3 - 20.
- INIA-Unidad GRAS (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria-Unidad de Agroclima y Sistemas de Información). 2016. Informe agroclimático: Situación diciembre 2013 - abril 2015. [En línea] Consultado 23 febrero 2016. Disponible en: <http://www.inia.uy/investigaci%C3%B3n-e-innovaci%C3%B3n/unidades/GRAS/Clima/informes-agroclim%C3%A1ticos>
- Jaurena M, Bentancur O, Ayala W, Rivas M. 2011. Especies indicadoras y estructura de praderas naturales de basalto con cargas contrastantes de ovinos. *Agrociencia*. 15 (1): 103- 114.

- Krueger-Mangold JM, Sheley RL, Svejcar TJ. 2006. Toward ecologically-based invasive plant management on rangeland. *Weed Science*. 54 (3): 597 - 605.
- Lacey JR, Clayton CB, Lane JR. 1989. Influence of spotted knapweed (*Centaurea maculosa*) on surface runoff and sediment yield. *Weed Technology*. 3 (4): 627 - 631.
- Lallana VH. 2007. Ecofisiología de la cardilla (*Eryngium horridum* Malme). En: Seminario de actualización técnica en manejo de malezas (2007, Young, Uruguay). Montevideo: INIA. (Serie de actividades de difusión; 489). pp. 79 - 106.
- Lallana VH, Elizalde JHI, Billard C, Lallana MC. 2006. Control mecánico de *Eryngium horridum* (“caraguatá”) en un pastizal naturalizado de Entre Ríos. Argentina. *Agrociencia Uruguay*. 10 (1): 47 - 57.
- Lallana VH, Lallana MC, Elizalde JH, Billard C, Sabattini RA, Rochi G, Faya L, Anglada M. 2005. Control mecánico y químico de *Eryngium horridum* Malme en un pastizal bajo pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal*. 25: 123 - 125.
- Lallana VH, Lallana MC, Billard C, Elizalde JHI. 2004. Brotación de rizomas de *Eryngium horridum* Malme (Apiaceae) durante un ciclo anual. *Revista de la Facultad de Agronomía*. La Plata, 105 (2): 1 - 10.
- Lallana MC, Billard C, Elizalde JHI, Lallana VH. 2003. Control químico de *Eryngium horridum* Malme “caraguatá”. *Revista Científica Agropecuaria* 7 (1): 29 - 33.
- Lallana VH, Salinas AR. 2003. Viabilidad de frutos de *Eryngium horridum* Malme durante un periodo anual. *Revista Científica Agropecuaria*. 7 (1): 63 - 68.

- Lemaire G, Hodgson J, Chabbi A. 2011. Grassland productivity and ecosystem services. Wallingford: CABI. 287 p.
- Lezama F, Baeza S, Altesor A, Cesa A, Chaneton EJ, Paruelo JM. 2014. Variation of grazing-induced vegetation changes across a large-scale productivity gradient. *Journal of Vegetation Science*. 25 (1): 8 - 21.
- Lezama F, Altesor A, Pereira M, Paruelo JM. 2011. Descripción de la heterogeneidad florística de las principales regiones geomorfológicas de Uruguay. En: Altesor A, Ayala W, Paruelo JM. (Eds.). Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales. Montevideo: INIA. (Serie fpta; 26). 5 - 32.
- Longo G, Seidler TG, Garibaldi LA, Tognetti PM, Chaneton EJ. 2013. Functional group dominance and identity effects influence the magnitude of grassland invasion. *Journal of Ecology*. 101: 1114 - 1124.
- Milchunas DG, Noy-Meir I. 2002. Grazing refuges, external avoidance of herbivory and plant diversity. *Oikos*. 99: 113 - 130.
- Millot JC, Risso D, Methol R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Montevideo: MAP. 199 p.
- Montefiori M, Vola E. 1991. Efecto de competencia de las malezas *Eryngium horridum* (cardilla) y *Baccharis coridifolia* (Mio Mio) sobre la producción del campo natural en suelos de la Unidad "La Carolina". Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 73 p.
- Nabinger C, de Faccio Carvalho PC, Cassiano Pinto E, Mezzalira JC, D. Martins Brambilla D, Boggiano P. 2011. Servicios ecosistémicos de las praderas

naturales: ¿es posible mejorarlos con más productividad? Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 19 (3-4): 27 - 34.

Noëll SE, Semmartin M, Paruelo JM. 2013. Refuge effect of an unpalatable forb on community structure and grass morphology in a temperate grassland. *Plant Ecology*. 214 (3): 363 - 372.

Noss RF. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*. 4 (4): 355 - 364.

Noy-Meir I, Gutman M, Kapland Y. 1989. Responses of Mediterranean grassland plants to grazing and protection. *Journal of Ecology*. 77: 290 - 310.

Oyhantçabal W. 2014. Intensificación sostenible de la ganadería de carne: los servicios ecosistémicos como clave del aumento de la productividad y la adaptación. En: Anuario OPYPA 2014: análisis sectorial y cadenas productivas, temas de política, estudios. Montevideo: MGAP (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca). Consultado 18 febrero 2016. Disponible en: http://www.mgap.gub.uy/OpypaPublicaciones/ANUARIOS/Anuario2014/pdf/estudios/E%20-%20Oyhantcabal%20_%20campo%20natural.pdf

Pazos JL. 2008. Factibilidad de control biológico de malezas de pasturas en el Uruguay. Montevideo: INIA. (Serie fpta; 20). 40 p.

Perelman SB, Chaneton EJ, Batista WB, Burkart SE, León RJ. 2007. Habitat stress, species pool size and biotic resistance influence exotic plant richness in the Flooding Pampa grasslands. *Journal of Ecology*. 95 (4): 662 - 673.

Pickett STA, Collins SL, Armesto JJ. 1987. Models, mechanisms and pathways of succession. *Botanical Review*. 53 (3): 335 - 371.

- Piñeiro G, Paruelo JM, Oesterheld M. 2006. Potential long-term impacts of livestock introduction on carbon and nitrogen cycling in grasslands of Southern South America. *Global Change Biology*. 12: 1267 - 1284.
- R Core Team. 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en: <http://www.R-project.org/>.
- Radosevich SR, Holt JS, Ghera CM. 2007. Ecology of weeds and invasive plants. Relationship to agriculture and natural resource management. 3a. ed. Hoboken: Wiley. 454 p.
- Rejmánek M. 2000. Invasive plants: approaches and predictions. *Austral Ecology*. 25(5): 497 - 506.
- Ríos A. 2007. Control posicional de cardilla (*Eryngium horridum*) en campo sucio. En: Ayala W, Saravia H. (Eds.). Seminario de actualización técnica en manejo y control de malezas de campo sucio. Montevideo: INIA. (Serie técnica; 164). 35 - 47.
- Risso D, Ayala W, Bermúdez R, Berretta E. 2005. Seminario de actualización técnica en manejo de campo natural. Montevideo: INIA. (Serie técnica; 151). 123 p.
- Rodríguez A, Jacobo E. 2010. Glyphosate application changes plant functional groups proportion and reduces floristic richness and diversity in Flooding Pampa rangeland (Argentina). *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 138 (3-4): 222 - 231.

- Rodríguez C, Leoni E, Lezama F, Altesor A. 2003. Temporal trends in species composition and plant traits in natural grasslands of Uruguay. *Journal of Vegetation Science*. 14: 433 - 440.
- Romero GQ, Vasconcellos-Neto J. 2005. The effects of plant structure on the spatial and microspatial distribution of a bromeliad-living jumping spider (Salticidae). *Journal of Animal Ecology*. 74: 12 - 21.
- Roscher C, Beßler H, Oelmann Y, Engels C, Wilcke W, Schulze E.-D. 2009. Resources, recruitment limitation and invader species identity determine pattern of spontaneous invasion in experimental grasslands. *Journal of Ecology*. 97: 32 -47.
- Rosengurtt B. 1979. Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Montevideo: División Publicaciones y Ediciones. 86 p.
- Rosengurtt B, Arrillaga de Maffei BR, Izaguirre de Artucio P. 1970. Gramíneas uruguayas. Montevideo: Universidad de la República. 491 p.
- Rosengurtt, B. 1943. Estudios sobre praderas naturales del Uruguay: 3 contribución. Montevideo: Casa Barreiro y Ramos. 281p.
- Royo Pallarés O, Berretta EJ, Maraschin GE. 2005. The South American Campos ecosystem. En: Suttie JM, Reynolds SG, Batello C. Roma: FAO. 171 - 220.
- Sala OE, Chapin FS, III, Armesto JJ, Berlow E, Bloomfield J, Dirzo R, Huber-Sanwald E, Huenneke LF, Jackson RB, Kinzig A, Leemans R, Lodge DM, Mooney HA, Oesterheld M, Poff NL, Sykes MT, Walker BH, Walker M, Wall DH. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*. 287 (5459): 1770 - 1774.

- Salazar A, Scarlato G. 2012. SNAP: Conservar y producir en áreas protegidas. Ganadería y campo natural. En: Anuario OPYPA 2012 (Oficina de Programación y Política Agropecuaria) . Montevideo: MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). 269 - 277.
- Schrama M, Bardgett RD. 2016. Grassland invasibility varies with drought effects on soil functioning. *Journal of Ecology*. 104: 1250 - 1258.
- Senseman SA. 2007. *Herbicide handbook*. 9 ed. Lawrence: WSSA. 458 p.
- Sheley RL, Mangold JM, Anderson J. 2006. Potential for successional theory to guide restoration of invasive-plant-dominated rangeland. *Ecological Monographs*. 76: 365 - 379.
- Sheley RL, Svejcar TJ, Maxwell BD. 1996. A theoretical framework for developing successional weed management strategies on rangeland. *Weed Technology*. 10: 766 - 773.
- Smith MD, Knapp AK. 1999. Exotic plant species in a C4-dominated grassland: invasibility, disturbance, and community structure. *Oecologia*. 120: 605 - 612.
- SNAP (Sistema Nacional de Áreas Protegidas). 2016. Conservar-produciendo, producir-conservando. *Visión del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) en la conservación de pastizales naturales* [En línea]. 23 agosto 2016. <http://www.mvotma.gub.uy/publicaciones-de-areas-protegidas/item/10007537-vision-sobre-la-conservacion-de-pastizales-naturales.html>
- Soca P, Espasandín A, Carriquiry M. 2013. Efecto de la oferta de forraje y grupo genético de las vacas sobre la productividad y sostenibilidad de la cría vacuna en campo natural. Montevideo: INIA (Serie fpta; 48). 86 p.

- Soriano A, León RJC, Sala OE, Lavado RS, Deregibus VA, Cahuepé MA, Scaglia OA, Velázquez CA, Lemcoff JH. 1992. Río de la Plata grasslands. En: Coupland RT ed. *Ecosystems of the world 8A: Natural grasslands. Introduction and Western Hemisphere*. New York: Elsevier. 367- 407.
- Vesk PA, Westoby M. 2001. Predicting plant species' responses to grazing. *Journal of Applied Ecology*. 38: 897 - 909.
- Wilson JB, Peet RK, Dengler J, Pärtel M. 2012. Plant species richness: the world records. *Journal of Vegetation Science*. 23: 796 - 802.
- WSSA (Weed Science Society of America). 2016. Do you have a weed, noxious weed, invasive weed or “superweed”? Simple distinctions make all the difference. [En línea]. 1 marzo 2016. <http://wssa.net/wp-content/uploads/WSSA-Weed-Science-Definitions.pdf>
- Zuloaga F, Morrone O, Belgrano M. 2008. *Catálogo de las plantas vasculares del cono sur (Argentina, sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay)*. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 107 (1-3). San Luis: MBG Press. 348 p.

6. ANEXOS⁶

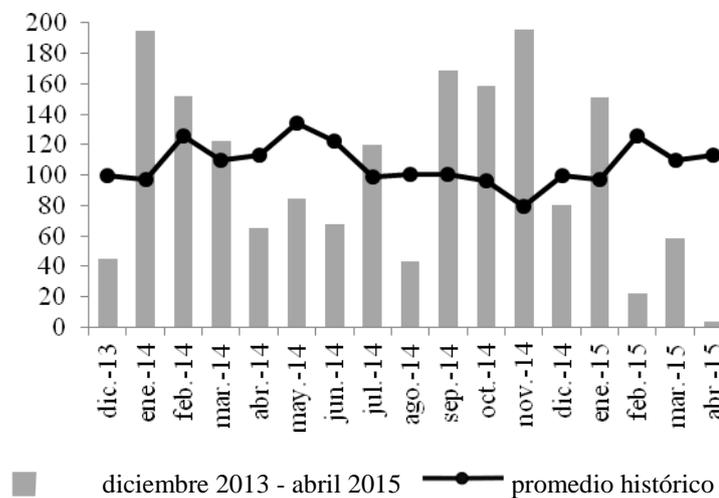


Figura 8 - Precipitaciones mensuales (mm) registradas durante el período experimental (diciembre 2013 - abril 2015) y promedio histórico (1991 - 2015) en la Unidad Experimental Palo a Pique, Treinta y Tres.

Descripción del suelo del sitio experimental. En: Altamirano A, Álvarez C. 1991. Levantamiento semidetallado de suelos del campo experimental de Palo a Pique. INIA Treinta y Tres. Montevideo: MGAP;RENARE. Dirección de Suelos y Aguas.

Unidad 1

Suelo: Planosol Subéutrico Melánico F. Hidromorfo

Geomorfología: lomada fuerte con altiplanicie.

Geología: Formación Libertad Facies arcilloso.

Posición topográfica: parte alta chata (altiplanicie)

Pendiente: 4 a 5 %

Largo de ladera: 50 - 150 m.

⁶ La numeración de cuadros y figuras es consecutiva a la de la discusión general.

Descripción del perfil (calicata):

A1 0 - 16 cm

Pardo muy oscuro a pardo grisáceo muy oscuro 10YR A 2.5/2 en húmedo, pardo grisáceo muy oscuro a pardo 1 grisáceo oscuro 10YR 3.5/2 en seco, franco, estructura en bloques subangulares medios, moderados, raíces abundantes y transición gradual.

A2 16 - 24 cm

Pardo muy oscuro a pardo grisáceo muy oscuro 10YR A 2.5/2 en húmedo, gris oscuro 10YR 4/1 en seco con 2 moteados pardo amarillentos 10 YR 5/6 comunes, chicos y difusos; franco, estructura masiva, concreciones comunes, raíces comunes y transición abrupta.

B21 24 - 36 cm

Negro 10 YR 2/1, franco arcilloso, estructura en bloques subangulares medios y moderado; películas medias, discontinuas; concreciones de Fe y Mn, comunes chichas y friables; raíces comunes; transición clara.

B22 36 - 54 cm

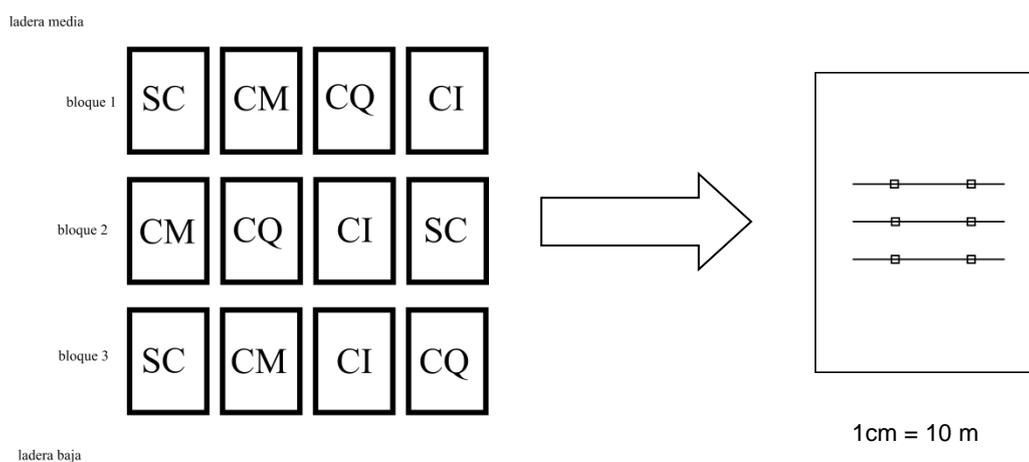
Gris muy oscuro 10 YR 3/1, arcillosos con gramillas pocas estructura en bloques subangulares medios y fuertes; películas de arcilla y slickensides: concreciones de Fe y Mn comunes chichas y friables; raíces comunes; transición clara.

B23 54 - 77 cm

Pardo grisáceo oscuro 10YR 3.5/2; arcilloso con gravillas abundantes, estructura en bloques; películas de arcilla y concreciones de Fe y Mn comunes, chichas y friables.

C 77 - 90 cm

Pardo amarillento 10 YR 5/3; arcilloso con películas de arcilla y concreciones de carbonato de calcio medios, duras; reacciona al HCL fuerte.



SC: sin control CM: control mecánico CQ: control químico CI: control integrado

Figura 9 - Croquis del área experimental (izquierda) y detalle de la ubicación de las unidades de muestreo en la parcela (derecha).

Cuadro 3 - Fechas de muestreo de cobertura de cardilla y días después de la primer (27/12/13), segunda (28/04/14) y tercer (26/12/14) aplicación de los controles.

Cobertura	Días desde el control			Densidad	Días desde el control		
	1°	2°	3°		1°	2°	3°
16/12/13	-	-	-	10/12/13	-	-	-
05/02/14	40	-	-				
01/04/14	95	-	-	02/04/14	96	-	-
20/05/14	144	22	-				
02/07/14	187	65	-	02/07/14	187	65	-
15/08/14	231	109	-				
03/10/14	280	158	-	08/10/14	285	163	-
03/12/14	341	219	-				
04/02/15	404	282	40	26/01/15	395	273	31
16/04/15	475	353	11	24/04/15	483	361	119

Cuadro 4 - Lista de especies relevadas en el sitio experimental, se presentan en orden alfabético según nombre científico. Las especies se clasifican según familia, forma de vida (FD), respuesta origen (O), ciclo de vida (CV) y constancia (C%).

Género	Especie	Familia	FD	O	CV	C (%)
<i>Acmella</i>	<i>decumbens</i>	Asteraceae	h	n	p	24
<i>Agalinis</i>	<i>communis</i>	Orobanchaceae	s	n	p	1
<i>Agrostis</i>	<i>montevidensis</i>	Poaceae	g	n	p	9
<i>Aira</i>	<i>elegantissima</i>	Poaceae	g	e	a	1
<i>Andropogon</i>	<i>selloanus</i>	Poaceae	g	n	p	7
<i>Andropogon</i>	<i>ternatus</i>	Poaceae	g	n	p	63
<i>Anemone</i>	<i>decapetala</i>	Ranunculaceae	h	n	p	1
<i>Aristida</i>	<i>murina</i>	Poaceae	g	n	p	59
<i>Aristida</i>	<i>uruguayensis</i>	Poaceae	g	n	p	3
<i>Aristida</i>	<i>venustula</i>	Poaceae	g	n	p	13
<i>Aspilia</i>	<i>montevidensis</i>	Poaceae	h	n	p	5
<i>Axonopus</i>	<i>fissifolius</i>	Poaceae	g	n	p	83
<i>Axonopus</i>	<i>suffultus</i>	Poaceae	g	n	p	53
<i>Baccharis</i>	<i>trimera</i>	Asteraceae	s	n	p	68
<i>Berroa</i>	<i>gnaphalioides</i>	Asteraceae	h	n	p	1
<i>Bothriochloa</i>	<i>laguroides</i>	Poaceae	g	n	p	69
<i>Bouchetia</i>	<i>anomala</i>	Solanaceae	h	n	p	3
<i>Briza</i>	<i>minor</i>	Poaceae	g	e	a	17
<i>Bromus</i>	<i>auleticus</i>	Poaceae	g	n	p	3
<i>Buchnera</i>	<i>sp</i>	Orobanchaceae	h	n	p	1
<i>Centunculus</i>	<i>minimus</i>	Primulaceae	h	e	a	13
<i>Cerastium</i>	<i>sp</i>	Caryophyllaceae	h	e	a	2
<i>Chaptalia</i>	<i>exscapa</i>	Asteraceae	h	n	p	3
<i>Chaptalia</i>	<i>piloselloides</i>	Asteraceae	h	n	p	9
<i>Chascolytrum</i>	<i>brizoides</i>	Poaceae	g	n	p	5
<i>Chascolytrum</i>	<i>poomorphum</i>	Poaceae	g	n	p	6
<i>Chascolytrum</i>	<i>rufum</i>	Poaceae	g	n	p	1
<i>Chascolytrum</i>	<i>subaristatum</i>	Poaceae	g	n	p	39
<i>Chenopodium</i>	<i>sp</i>	Chenopodiaceae	h	n	p	1
<i>Chevreulia</i>	<i>acuminata</i>	Asteraceae	h	n	p	3
<i>Chevreulia</i>	<i>sarmentosa</i>	Asteraceae	h	n	p	17
<i>Chloris</i>	<i>canterae</i>	Poaceae	g	n	p	1
<i>Chloris</i>	<i>sp</i>	Poaceae	g	n	p	1
<i>Cirsium</i>	<i>vulgare</i>	Asteraceae	h	e	a	0
<i>Cliococca</i>	<i>selaginoides</i>	Linaceae	h	n	p	3
<i>Conyza</i>	<i>bonariensis</i>	Asteraceae	h	n	a	1
<i>Conyza</i>	<i>primulifolia</i>	Asteraceae	h	n	p	5
<i>Conyza</i>	<i>sp</i>	Asteraceae	h	n	a	1
<i>Conyza</i>	<i>sumatrensis</i>	Asteraceae	h	n	a	7
<i>Cuphea</i>	<i>glutinosa</i>	Lythraceae	h	n	p	72
<i>Cyclospermum</i>	<i>leptophyllum</i>	Apiaceae	h	n	a	47
<i>Cynodon</i>	<i>dactylon</i>	Poaceae	g	e	p	33
<i>Cyperus</i>	<i>sp</i>	Cyperaceae	gd	n	p	84

<i>Danthonia</i>	<i>cirrata</i>	Poaceae	g	n	p	4
<i>Danthonia</i>	<i>montevidensis</i>	Poaceae	g	n	p	28
<i>Danthonia</i>	<i>rhizomata</i>	Poaceae	g	n	p	43
<i>Desmanthus</i>	<i>sp</i>	Fabaceae	h	n	p	1
<i>Desmanthus</i>	<i>virgatus</i>	Fabaceae	h	n	p	14
<i>Deyeuxia</i>	<i>alba</i>	Poaceae	g	n	p	19
<i>Deyeuxia</i>	<i>viridiflavescens</i>	Poaceae	g	n	p	3
<i>Dichantherium</i>	<i>sabulorum</i>	Poaceae	g	n	p	66
<i>Dichondra</i>	<i>sericea</i>	Convolvulaceae	h	n	p	26
<i>Dichondra</i>	<i>sp</i>	Convolvulaceae	h	n	p	2
<i>Digitaria</i>	<i>sp</i>	Poaceae	g	n	p	1
<i>Dorstenia</i>	<i>brasiliensis</i>	Moraceae	h	n	p	3
<i>Eragrostis</i>	<i>bahiensis</i>	Poaceae	g	n	p	4
<i>Eragrostis</i>	<i>lugens</i>	Poaceae	g	n	p	12
<i>Eragrostis</i>	<i>neesii</i>	Poaceae	g	n	p	8
<i>Eragrostis</i>	<i>sp</i>	Poaceae	g	n	p	1
<i>Eryngium</i>	<i>echinatum</i>	Apiaceae	h	n	p	16
<i>Eryngium</i>	<i>elegans</i>	Apiaceae	h	n	p	1
<i>Eryngium</i>	<i>horridum</i>	Apiaceae	h	n	p	96
<i>Eryngium</i>	<i>nudicaule</i>	Apiaceae	h	n	p	33
<i>Eryngium</i>	<i>sanguisorba</i>	Apiaceae	h	n	p	3
<i>Eryngium</i>	<i>sp</i>	Apiaceae	h	n	p	1
<i>Euphorbia</i>	<i>sp</i>	Euphorbiaceae	h	n	a	1
<i>Eustachys</i>	<i>paspaloides</i>	Poaceae	g	n	p	6
<i>Evolvulus</i>	<i>sericeus</i>	Convolvulaceae	h	n	p	53
<i>Facelis</i>	<i>retusa</i>	Asteraceae	h	n	a	1
<i>Galactia</i>	<i>marginalis</i>	Fabaceae	h	n	p	39
<i>Galianthe</i>	<i>fastigiata</i>	Rubiaceae	s	n	p	6
<i>Galium</i>	<i>noxium</i>	Rubiaceae	h	n	a	1
<i>Galium</i>	<i>richardianum</i>	Rubiaceae	h	n	p	17
<i>Gamochaeta</i>	<i>coarctata</i>	Asteraceae	h	n	p	30
<i>Gamochaeta</i>	<i>sp</i>	Asteraceae	h	n	p	6
<i>Gaudinia</i>	<i>fragilis</i>	Poaceae	g	e	a	37
<i>Glandularia</i>	<i>selloi</i>	Verbenaceae	h	n	p	24
<i>Glandularia</i>	<i>sp</i>	Verbenaceae	h	n	p	1
<i>Gomphrena</i>	<i>perennis</i>	Amaranthaceae	h	n	p	3
<i>Gratiola</i>	<i>peruviana</i>	Plantaginaceae	h	n	p	1
<i>Gymnopogon</i>	<i>sp</i>	Poaceae	g	n	p	1
<i>Herbertia</i>	<i>lahue</i>	Iridaceae	h	n	p	6
<i>Hypochaeris</i>	<i>radicata</i>	Asteraceae	h	e	a	24
<i>Hypochaeris</i>	<i>sp</i>	Asteraceae	h	n	a	3
<i>Hypoxis</i>	<i>decumbens</i>	Hypoxidaceae	h	n	p	53
<i>Jaegeria</i>	<i>hirta</i>	Asteraceae	h	n	p	3
<i>Justicia</i>	<i>axillaris</i>	Acanthaceae	h	n	p	1
<i>Lolium</i>	<i>multiflorum</i>	Poaceae	g	e	a	8
<i>Lotus</i>	<i>angustissimus</i>	Fabaceae	h	e	a	1
<i>Lotus</i>	<i>suaveolens</i>	Fabaceae	h	e	a	1
<i>Mecardonia</i>	<i>procumbens</i>	Plantaginaceae	h	n	p	2
<i>Melica</i>	<i>brasiliana</i>	Poaceae	g	n	p	28
<i>Mnesithea</i>	<i>selloana</i>	Poaceae	g	n	p	94

<i>Nassella</i>	<i>charruana</i>	Poaceae	g	n	p	66
<i>Nassella</i>	<i>neesiana</i>	Poaceae	g	n	p	36
<i>Nassella</i>	<i>pauciciliata</i>	Poaceae	g	n	p	51
<i>Nothoscordum</i>	<i>sp</i>	Amaryllidaceae	gd	n	p	3
<i>Oxalis</i>	<i>sp</i>	Oxalidaceae	h	n	p	29
<i>Panicum</i>	<i>bergii</i>	Poaceae	g	n	p	1
<i>Paspalum</i>	<i>dilatatum</i>	Poaceae	g	n	p	86
<i>Paspalum</i>	<i>notatum</i>	Poaceae	g	n	p	93
<i>Paspalum</i>	<i>plicatulum</i>	Poaceae	g	n	p	86
<i>Pavonia</i>	<i>glechomoides</i>	Malvaceae	h	n	p	7
<i>Pfaffia</i>	<i>tuberosa</i>	Amaranthaceae	h	n	p	4
<i>Phyla</i>	<i>nodiflora</i>	Verbenaceae	h	n	p	1
<i>Picrosia</i>	<i>longifolia</i>	Asteraceae	h	n	p	1
<i>Piptochaetium</i>	<i>bicolor</i>	Poaceae	g	n	p	1
<i>Piptochaetium</i>	<i>montevidense</i>	Poaceae	g	n	p	63
<i>Piptochaetium</i>	<i>stipoides</i>	Poaceae	g	n	p	33
<i>Plantago</i>	<i>myosuroides</i>	Plantaginaceae	h	n	a	7
<i>Plantago</i>	<i>sp</i>	Plantaginaceae	h	n	a	4
<i>Plantago</i>	<i>tomentosa</i>	Plantaginaceae	h	n	p	3
<i>Poa</i>	<i>annua</i>	Poaceae	g	e	a	1
<i>Polygala</i>	<i>australis</i>	Polygalaceae	h	n	a	3
<i>Polygala</i>	<i>molluginifolia</i>	Polygalaceae	h	n	a	28
<i>Pterocaulon</i>	<i>sp</i>	Asteraceae	h	n	p	2
<i>Rhynchosia</i>	<i>diversifolia</i>	Fabaceae	h	n	p	3
<i>Richardia</i>	<i>humistrata</i>	Rubiaceae	h	n	p	42
<i>Richardia</i>	<i>stellaris</i>	Rubiaceae	h	n	p	18
<i>Schizachyrium</i>	<i>microstachyum</i>	Poaceae	g	n	p	8
<i>Schizachyrium</i>	<i>spicatum</i>	Poaceae	g	n	p	1
<i>Scoparia</i>	<i>montevidensis</i>	Plantaginaceae	h	n	p	1
<i>Senecio</i>	<i>grisebachii</i>	Asteraceae	s	n	p	2
<i>Senecio</i>	<i>madagascariensis</i>	Asteraceae	h	e	p	24
<i>Senecio</i>	<i>selloi</i>	Asteraceae	s	n	p	31
<i>Setaria</i>	<i>parviflora</i>	Asteraceae	g	n	p	49
<i>Setaria</i>	<i>sp</i>	Poaceae	g	n	p	1
<i>Sisyrinchium</i>	<i>sp</i>	Iridaceae	gd	n	p	10
<i>Solanum</i>	<i>sp</i>	Solanaceae	s	n	p	0
<i>Soliva</i>	<i>sessilis</i>	Asteraceae	h	n	a	1
<i>Sorghastrum</i>	<i>pellitum</i>	Poaceae	g	n	p	17
<i>Sporobolus</i>	<i>indicus</i>	Poaceae	g	n	p	19
<i>Sporobolus</i>	<i>platensis</i>	Poaceae	g	n	p	20
<i>Steinchisma</i>	<i>hians</i>	Poaceae	g	n	p	83
<i>Stenachaenium</i>	<i>campestre</i>	Asteraceae	h	n	p	4
<i>Stenandrium</i>	<i>sp</i>	Acanthaceae	h	n	p	1
<i>Stenotaphrum</i>	<i>secundatum</i>	Poaceae	g	n	p	17
<i>Symphotrichum</i>	<i>squamatum</i>	Asteraceae	h	n	p	10
<i>Tridens</i>	<i>brasiliensis</i>	Poaceae	g	n	p	8
<i>Trifolium</i>	<i>polymorphum</i>	Fabaceae	h	n	p	21
<i>Verbena</i>	<i>montevidensis</i>	Verbenaceae	h	n	p	9
<i>Veronica</i>	<i>sp</i>	Plantaginaceae	h	e	a	1
<i>Vulpia</i>	<i>australis</i>	Poaceae	g	n	a	15

<i>Wahlenbergia</i>	<i>linarioides</i>	Campanulaceae	h	n	p	5
---------------------	--------------------	---------------	---	---	---	---

g=gramínea, gd=graminoide, h=hierba, s=subarbusto

e =exótica, n=nativa

a= anual, p=perenne

Cuadro 5 - Lista de gramíneas nativas crecientes y decrecientes en el sitio experimental. También se presenta su metabolismo fotosintético.

Respuesta al pastoreo	Género	Especie	Vía fotosint.
Crecientes	<i>Axonopus</i>	<i>fissifolius</i>	C4
	<i>Bothriochloa</i>	<i>laguroides</i>	C4
	<i>Eragrostis</i>	<i>neesii</i>	C4
	<i>Eustachys</i>	<i>paspaloides</i>	C4
	<i>Paspalum</i>	<i>notatum</i>	C4
	<i>Piptochaetium</i>	<i>montevidense</i>	C3
	<i>Schizachyrium</i>	<i>spicatum</i>	C4
	<i>Sporobolus</i>	<i>indicus</i>	C4
	<i>Sporobolus</i>	<i>platensis</i>	C4
	<i>Vulpia</i>	<i>australis</i>	C3
Decrecientes	<i>Bromus</i>	<i>auleticus</i>	C3
	<i>Deyeuxia</i>	<i>alba</i>	C3
	<i>Deyeuxia</i>	<i>viridiflavescens</i>	C3
	<i>Mnesithea</i>	<i>selloana</i>	C4
	<i>Melica</i>	<i>brasilliana</i>	C3
	<i>Paspalum</i>	<i>plicatulum</i>	C4
	<i>Piptochaetium</i>	<i>stipoides</i>	C3