EL ROLADO SELECTIVO Y LA APLICACIÓN DE HERBICIDAS SELECTIVOS COMO HERRAMIENTAS PARA INTERVENIR FACHINALES

Su efecto y duración sobre la estructura vertical y horizontal de la vegetación

Trabajo final de graduación

ROLLHAUSER Mauro y UHALDEGARAY Alexis

Director
Dr. Daniel ESTELRICH
Co Director
Dr. Ernesto MORICI

Facultad de Agronomía UNLPam
2015

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN 3
SUMMARY 4
INTRODUCCIÓN 5
Problemática 7
Hipótesis 7
Objetivos 7
METODOLOGÍA 8
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 12
Principales aspectos climáticos durante el período de muestreo 12
Contenido de humedad del suelo a diferente profundidad en áreas sometidas a rolado selectivo y aplicación de herbicida en distintas fechas de muestreo 13
Análisis de componentes principales sobre la cobertura en el estrato graminoso herbáceo y los tratamientos realizados en distintas fechas 14
Análisis de componentes principales sobre la cobertura en el estrato leñoso y los tratamientos realizados en distintas fechas de muestreo 16
Cobertura en el estrato graminoso herbáceo sometido a rolado y aplicación de herbicidas en distintas fechas de muestreo 17
Cobertura en distintas fechas de muestreo de especies forrajeras, no forrajeras y anuales del estrato graminoso-herbáceo en áreas con tratamiento de rolado y aplicación de herbicidas. 19
Diversidad florística y riqueza en áreas tratadas y testigo *21*
Efecto de herbicidas sobre rebrotes de renuevos de caldén rolado *22*
Fitomasa aérea (gMS.m^2) forrajera y no forrajera en áreas roladas y no roladas 23
Efecto del rolado y la aplicación de herbicidas sobre la estructura y dinámica de la comunidad 25
CONCLUSIONES 28
AGRADECIMIENTOS 29
BIBLIOGRAFÍA 29
ANEXO I. Análisis estadístico 33

RESUMEN

La mayor parte de la superficie de la región central de Argentina se halla cubierta por vegetación natural y el manejo al que han sido sometidas hasta la actualidad las ha transformado en áreas de baja producción y difícil manejo. El pastoreo por ganado doméstico y los incendios han contribuido al deterioro de estos ecosistemas, que en la actualidad presentan una fuerte invasión de leñosas y pajonal. El fuego controlado ha sido propuesto para el control de leñosas e incremento del pastizal pero sus efectos no son duraderos. Otra técnica propuesta ha sido el rolado selectivo que aplasta y fragmenta la vegetación leñosa e incrementa el área de pastizales pero no resuelve el acceso al ganado por la gran cantidad de material y espinas que quedan sobre la superficie. El desafío sería encontrar una combinación de técnicas que permita un mejor control de leñosas en el espacio y el tiempo y el incremento de las áreas de pastizal. La combinación del rolado y el uso de herbicidas para el control de los rebrotes de las leñosas parece ser una combinación adecuada pero aún no ha sido probada en nuestra región y se desconocen los efectos de esta combinación sobre la estructura de la comunidad, las leñosas, el pastizal y la retención de humedad de los suelos. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de la combinación de rolado y herbicidas sobre la estructura y dinámica de la comunidad en un área de renoval con la finalidad de recuperar estas áreas degradadas. En un área cubierta de fachinal se realizó un rolado selectivo y se establecieron 3 tratamientos rolado, rolado + herbicida y testigo. Cada tratamiento tuvo tres repeticiones (transectas) sobre las que se evaluó la cobertura y densidad de leñosas y de las especies del pastizal durante un año de forma estacional. Se registraron parámetros climáticos mediante una estación automática. Los resultados obtenidos permitieron observar un importante incremento en el área ocupada por pastizal en los tratamientos rolado y rolado + herbicida. No se observaron incrementos en la producción forrajera pero si en la fitomasa aérea total debido al aumento del pajonal. Luego de un año del tratamiento de rolado, los rebrotes de caldenes rolados adquieren notable importancia en el área, dificultando el transito de los animales. El tratamiento con herbicidas sobre los renuevos que rebrotaron fue altamente efectivo, en especial la aplicación foliar de la mezcla lontrel (0.5%) + pastar (1%) en agua. La composición florística y la diversidad no fueron afectados por los tratamientos de rolado y rolado + herbicida. El rolado como técnica única para el control de fachinales no es una práctica recomendable debido a que no produce muerte de las leñosas, por el contrario produce un incremento de su cobertura basal a partir de los rebrotes de la corona luego de poco tiempo de realizado el tratamiento. La complementación de otras técnicas con el rolado, como la aplicación de herbicidas y/o el fuego aparecen como los manejos mas recomendables para intervenir en estas comunidades dominadas por altas coberturas de leñosas bajas.

PALABRAS CLAVE: pastizales degradados, rebrotes de leñosas, técnicas de control, respuesta de vegetación y suelo.

SUMMARY

Most of the surface of the central region of Argentina is covered by natural vegetation and management that have been subjected to the present has transformed into areas of low production and difficult to manage. Grazing by domestic livestock and fires they have contributed to the deterioration of these ecosystems, which now have a strong invasion of woody and avoided grassland. Controlled burning has been proposed to control woody and avoided grasses species but its effects were not maintained over time. Another proposed technique has been the selective rolled that crushed and fragmented woody vegetation and increased grassland area, but not resolved gained access of cattle due amount of material and bones left on the soil surface. The challenge would be to find a combination of techniques that allow better control of woody in space and time and increased areas of grassland. The combination of rolling and the use of herbicides to control regrowth of woody seems an appropriate combination but has not yet been tested in our region and the effects of this combination on the community structure is unknown, woody, pasture and retention of soil moisture. The aim of this study was to evaluate the effects of the combination of rolling and herbicides on the structure and dynamics of the community in an area of regrowth in order to recover these degraded areas. In an area covered by “fachinal”, selective rolling was performed and 3 treatments were set rolling, rolling + herbicide and witness. Each treatment had three repetitions (transects). The coverage and density of woody and grassland species was seasonally evaluated for one year. Climatic parameters was recorded by an automatic station. The results obtained showed a significant increase in the area occupied by pasture on rolling and rolling + herbicide treatments area. They were not observed increases in forage production but differences were recorded in total aboveground biomass due to increased in “pajonal” species. After a year of treatment of rolling, roll-formed regrowth of caldenes acquire considerable importance in the area, hampering the transit of animals. Herbicide treatment on the shoots sprouted which was highly effective, particularly foliar application of Lontrel mixture (0.5%) + Pastar (1%) in water. The floristic composition and diversity were not affected by rolling and rolling + herbicide treatments. The rolling as the only technique for controlling “fachinales” is not a good practice because it does not produce woody death, however causes an increase in your basal coverage from the outbreaks of the crown shortly after made the treatment. Complementing other techniques in rolling, and herbicide application and / or the fire appear to be the most recommended maneuvers to intervene in these communities dominated by high coverage of woody low.

KEY WORDS: degraded grasslands, woody sprouts, control techniques, soil and vegetation response

INTRODUCCIÓN

Los pastizales naturales cubren importantes extensiones en distintas latitudes del mundo y sobre todo en áreas de clima árido y semiárido. En todos ellos la importancia de estos ecosistemas radica en el uso al que están destinados que es la producción ganadera (Nazar Anchorena, 1988). Existen diferencias entre la dinámica de los componentes de los pastizales y la respuesta individual de las especies que los componen según su origen, su historia de pastoreo y el tipo de herbívoro (Milchunas *et al.,* 1988). Todo ello hace imposible hablar de modelos que generalicen el funcionamiento de estos sistemas y su respuesta al pastoreo. Cada uno de los pastizales en el mundo posee características estructurales y funcionales que les son propias y hacen que reaccionen de maneras diferentes (Diaz *et al.*, 2001 y 2007)

En la región semiárida central de Argentina, salvo la porción este de provincia de La Pampa, el resto de la superficie se halla cubierta por pastizales naturales propiamente dichos (pastizales bajos y samófilos) o bosques de *Prosopis sp* con pastizal, arbustales y matorrales con pastizal (Cano *et al.,* 1980; Cano, 1988). En todos los casos estás áreas marginales a la agricultura por diferentes problemáticas ambientales que van desde suelos poco profundos, precipitaciones escasas o topografías inadecuadas, se destinan a uso exclusivamente ganadero, ya sea cría vacuna, ovinos y caprinos (Estelrich *et al.*, 2005a).

La presencia del ganado contribuyó fundamentalmente a la diseminación del caldén y a fuertes cambios en la composición florística de las comunidades de pastizal, favoreciendo el establecimiento masivo de leñosas en los ecosistemas de la región (LLorens y Frank, 2003). Las principales especies forrajeras de estos pastizales (*Poa ligularis* Nees ap. Steud., *Piptochaetium napostaense* (Speg.) Hack., *Nassella clarazii* Ball y *N. tenuis* Phil.) desaparecieron gradualmente dejando espacios que fueron ocupados por otras especies graminosas o herbáceas de menor calidad forrajera (*N. tenuissima* Trin., *S. Ichu* (Ruiz & Pav.) Kunth, *N*. t*richotoma* Nees., *Amilochloa brachycaeta* Godr. (Cano, 1969; Bruno *et al*., 1985; Estelrich *et al*., 1997; Estelrich y Cano, 1985; Guardo *et al*., 1985; Cano *et al*., 1990; Llorens 1995; Distel y Boó, 1995; Estelrich *et al*., 2005a; Llorens y Frank, 1999) o arbustos como *Condalia microphylla, Schinus fasciculatus*, *Lycium gilliesianum* y *Celtis tala* entre otras.

Esta dinámica de colonización de los espacios generados por la desaparición de las especies más palatables a partir de especies no forrajeras (Pelaez *et al*., 1991) contribuyó a la formación de sistemas de muy baja receptividad ganadera (Estelrich y Cano, 1985). En la actualidad los pastizales del caldenal, de las planicies y las áreas medanosas presenta un patrón espacial semejante a un mosaico formado por “parches” (Morici *et al*., 2003) siendo los mismos dominados por gramíneas de porte bajo, de porte intermedio y por arbustos.

Este proceso de arbustización fue favorecido por la prohibición del uso de fuego durante muchos años debido al desconocimiento en el uso de esta herramienta para control de leñosas y de pajonal. Las fisonomías resultantes son las de montes muy cerrados y a veces impenetrables denominados localmente fachinales (Dussart *et al*., 1998; Lerner, 2004; SAyDS, 2006) con importantes pérdidas de superficie útil para el pastoreo, ya sea por la invasión de leñosas o el incremento de áreas cubiertas por especies no forrajeras como las pajas (Estelrich *et al.,* 2005a).

Una vez que estas áreas se encuentran degradadas, es decir dominadas por especies no forrajeras (pajas) y/o leñosas, las quemas prescriptas se utilizan para la recuperación de la calidad forrajera o para disminuir el material combustible previniendo los incendios. Diversos investigadores han estudiado el efecto de esta práctica sobre estas áreas (Bóo, 1990; Iglesias *et al*., 1990; Sánchez y Lázzari, 1998; Peláez *et al*., 2001; Fernández *et al*., 2001, Castelli y Lázzari, 2002; Llorens y Frank, 2003; Estelrich *et al*., 2005; Hepper *et al*., 2006; Trucco *et al*., 2006; Prieto y Ves Losada, 2006) pero los resultados son muy diversos y a veces contradictorios, dependiendo fundamentalmente de la estructura y composición del sistema vegetal.

El desafío que se plantea entre quienes pretenden manejar estos sistemas (maximizar la producción y reducir los riesgos de incendios) es disminuir la densidad de leñosas, controlar sus rebrotes y disminuir la cobertura de especies no forrajeras. En tal sentido, el fuego controlado por si solo ha demostrado no ser la herramienta más eficaz para este objetivo, ya que en aquellas situaciones con alta cobertura de renuevos o arbustos, muy frecuentes en esta región (sobre todo fachinales post incendios) luego de cada quema las leñosas incrementan su cobertura.

Una técnica muy difundida en la región chaqueña para disminuir la densidad de leñosas en montes muy cerrados es el rolado selectivo, que consiste en el aplastamiento y fragmentación de la vegetación leñosa por medios mecánicos (Kunst *et al.*, 2008).

Luego del rolado, la vegetación se recupera gracias a los propágulos existentes en la comunidad, tanto del banco de semillas como de los rebrotes basales de las leñosas. Esta técnica no produce la muerte y erradicación de las leñosas, sino que el éxito se observa durante un cierto período de tiempo como un incremento en la superficie cubierta por el pastizal debido a una disminución de la cobertura por el aplastamiento y fragmentación de los restos vegetales que quedan sobre las superficie del suelo (Adema *et al*., 2003).

En nuestra región, si bien esta técnica ha sido probada con éxito en áreas de jarillal - arbustal (Adema *et al.*, 2003), en áreas de pastizal y caldenal invadido por renuevos de caldén, o fachinales post incendios no aparece como una práctica recomendable por sí sola. Si bien algunas experiencias previas permitirían observar importantes incrementos

en la producción de forraje, se ha comprobado experimentalmente que la gran cantidad de material de leñosas con espinas que queda sobre la superficie del suelo dificulta el ingreso del ganado vacuno.

Otra práctica muy utilizada y recomendada para estos ambientes de regiones semiáridas es el fuego controlado, combinado con un manejo posterior del pastoreo para controlar el rebrote de las especies no forrajeras o pajonal (Estelrich *et al.*, 2005b; Fernandez *et al.*, 2001; Llorens y Frank, 2003; Kunst y Bravo, 2003).

Los efectos de esta herramienta sobre las leñosas son muy poco duraderos y al cabo de 3 o 4 años la comunidad recupera su cobertura original. En la mayoría de los trabajos sobre quemas controladas se puede observar un incremento en la superficie ocupada por el pastizal y la composición dependerá de las especies que integraban la comunidad y aportaron al banco de semillas.

Problemática

Frente a esta problemática surgen los interrogantes de ¿cómo recuperar las áreas de pastoreo que han sido ocupadas por el rebrote de las leñosas?, ¿cómo incrementar la producción primaria y por ende la receptividad de estas áreas sin afectar el recurso suelo?. De acuerdo con lo antes mencionado, se observa que los efectos del rolo o del fuego controlado sobre la comunidad y en especial sobre las leñosas y la producción del pastizal no producen efectos duraderos. El desafío es encontrar una herramienta o combinación de técnicas que permita controlar las leñosas y mantener la producción del pastizal por períodos de tiempo prolongados. En tal sentido la combinación del rolado y la aplicación de herbicidas sobre los rebrotes podría producir este efecto

A pesar de todo lo que se conoce sobre las respuestas de distintos componentes de los sistemas ecológicos al rolado, al fuego controlado y al uso de herbicidas en forma separada, quedan aún interrogantes sobre la respuesta de estos sistemas de fachinal a la combinación de estas técnicas. Entre ellas y teniendo en cuenta que con el rolado se deposita gran cantidad de biomasa de leñosas sobre la superficie del suelo y que con la aplicación de herbicidas sobre los rebrotes de las leñosas roladas se puede afectar definitivamente los individuos tratados ¿cuál será el cambio en la estructura horizontal y vertical provocado por la combinación de ambas técnicas?, ¿cuánto tiempo durará el cambio estructural y florístico provocado?

Hipótesis:

Las áreas cubiertas por pastizal incrementan con el rolado y la aplicación de herbicidas sobre los rebrotes de las leñosas y se establece mayor proporción de plantas de especies forrajeras.

Objetivo:

En un área de fachinal – renoval, luego del rolado y tratamiento químico de

tocones, en situaciones que involucre la utilización de cada técnica y la combinación de ambas se evaluó:

- El tamaño de los parches de pastizal y su dinámica comparativa con los otros tratamientos.

- Estacionalmente y durante un año, la cobertura y densidad específica de gramíneas y herbáceas en áreas ocupadas por pastizal y donde previamente predominaban las leñosas.

- La cobertura de leñosas en las áreas tratadas y no tratadas

- La fitomasa graminosa herbácea aérea en las áreas tratadas y no tratadas.

- Estacionalmente y durante un año la dinámica del agua en los primeros 20 cm del perfil en los distintos tratamientos.

Para el área donde se establecieron los tratamientos se registró de forma horaria la temperatura y humedad del aire, velocidad y dirección del viento, lluvia caida y evapotranspiración durante el tiempo que dure el ensayo.

METODOLOGÍA

El presente trabajo forma parte de un proyecto integral cuyos objetivos involucran también el efecto de la combinación de rolado y quema sobre diferentes aspectos que hacen a la estructura y funcionamiento del sistema: rebrote de leñosas, establecimiento y dinámica del pastizal, aspectos físicos, químicos y biológicos del suelo, aspectos climáticos (POIRE 2013, aprobada su financiación para ser desarrollado durante 2014 y 2015).

Se realizó un rolado selectivo (Figura 1 a) en el mes de noviembre de 2013 en un área del Caldenal en la Provincia de La Pampa dominada por un fachinal bajo denso de *Prosopis caldenia*. Se utilizó para dicha práctica un tractor de HP 150 y un rolo cortador con cuchillas transversales de 2500 Kg de peso con un ancho de labor de corte de 2,5 mts

Figura 1 a. Imagen del proceso de rolado y detalle del rolo utilizado

El sitio de muestreo esta ubicado en el establecimiento Bajo Verde, propiedad de la Facultad de Agronomía de la UNLPam ubicado en al Departamento Toay, provincia de La Pampa, Argentina, a 36°27' Lat. S. y 64°39' Long O (Figura 1 b). El proyecto de investigación es de tipo experimental y cuenta con la aprobación de la Dirección de Recursos Naturales de la provincia de La Pampa.

Los tratamientos se realizaron en un potrero de 220 has de las cuales 50 ha fueron roladas (Figura 2). Se utilizó un Diseño en Parcelas Divididas donde la parcela principal es "Manejo" con tres niveles: rolado, rolado + herbicida y no rolado, cada uno con tres repeticiones (transectas) y las subparcelas constituyen las mediciones en el tiempo.

En el área rolada se establecieron 6 transectas de 5 x 25 m correspondientes a los tratamientos rolado y rolado + herbicida. Tres de ellas para evaluar la dinámica de la vegetación (leñosa y graminosa-herbácea) luego del rolado y las 3 restantes para evaluar la dinámica de la vegetación luego del rolado y tratamiento químico. En cada una se delimitaron 5 cuadrados de muestreo de 5x5 m (25 m^2 c/u). En el área testigo se establecieron 3 fajas transectas de 5x25m con sus correspondientes cuadrados de 25 m^2.

En cada transecta donde se realizó el tratamiento químico de tocones (renuevos de *Prosopis caldenia*), se aplicó alternativamente en cada parcela uno u otro herbicida en Marzo 2015. Los tratamientos fueron: 1) aplicación foliar de los herbicidas Pastar al 1%

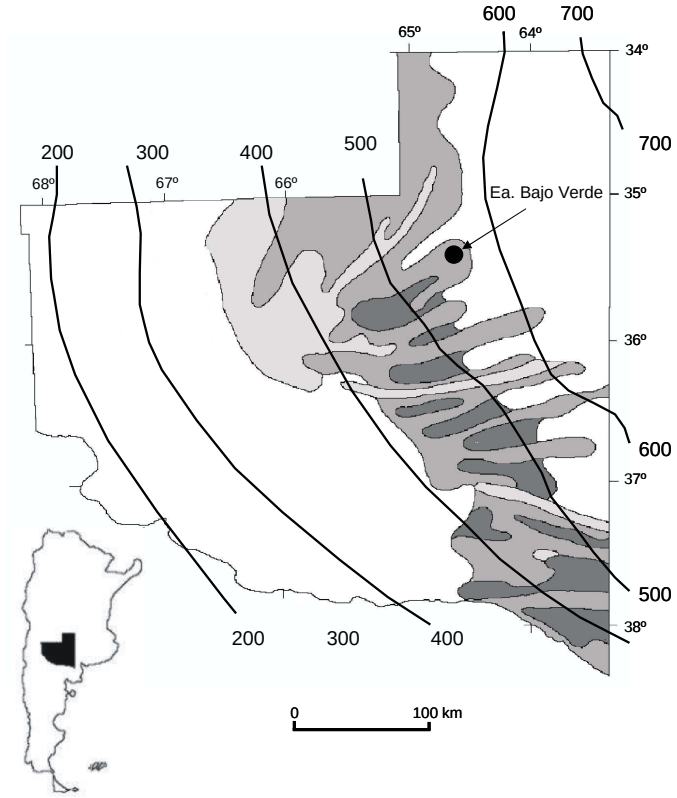


Figura 1b. Ubicación del área de muestreo. Ea. Bajo Verde

más Lontrel al 0,5% más Aceite al 0,5% más Sulfato de Amonio al 1% en agua, 2) aplicación basal del herbicidas Togar al 6% en gasoil.

El Lontrel (Clopyralid) es un herbicida selectivo sistémico de acción hormonal que es absorvido por via foliar y radicular y se trasloca hacia los meristemas. Se menciona que los mejores resultados se obtienen cuando las plantas se hallan en activo crecimiento. El pastar (Fluroxypyr y Aminopyralid) también es otro herbicida sistémico recomendado para malezas de hoja ancha de porte herbáceo, semi arbustivo y arbustivo también recomendado para el período de mayor crecimiento vegetativo. Esta mezcla se pensó para afectar el sistema meristemático de los renuevos, alterar la actividad fotosintética y su desarrollo.

El togar BT (Picloram y Triclopyr) es un arbusticida específico aplicación basal, recomendado para combatir malezas semileñosas y leñosas, especialmente recomendado para combatir renovales.

La aplicación se realizó con mochila manual y aspersor Flood-jet (abanico plano) con un caudal de 100 $l.ha^{-1}$ en principio de marzo de 2015 cuando los rebrotes se encontraban en pleno crecimiento. Luego de un año de la aplicación de los herbicidas se constato su efecto a través de la evaluación de individuos totalmente muertos en todos sus rebrotes.

En cada una de las fajas transecta delimitadas para cada tratamiento y específicamente en cada cuadrado de 5x5 m, se evaluó al principio y al final del ensayo (Octubre 2014 y Septiembre 2015 respectivamente) el área ocupada por los distintos grupos funcionales (leñosas y pastizal) y la altura, densidad y cobertura de las leñosas.

A su vez, uno de los laterales de 25 m de cada faja transecta (Rolado, Rolado + Herbicida y Testigo), fue utilizado como línea transecta para establecer 25 cuadrados fijos de ¼ m^2 para evaluar la cobertura y densidad de las especies del pastizal. Se registró también la posición de cada uno de los cuadrados fijos con respecto a la cobertura de leñosas (rolado con rebrote o no rolado), área de pastizal rolado o no rolado. Las evaluaciones sobre el pastizal se realizaron en Octubre 2014, Marzo 2015, Junio 2015 y Septiembre 2015 (Figura 3).

Además en cada situación se realizó un análisis de la estructura de la comunidad y un relevamiento florístico completo a fin de estimar la diversidad florística a partir de censos de abundancia-cobertura. En las mismas fechas que se realizaron los muestreos del pastizal, se tomaron muestras de suelo (5, 10 y 20 cm) para medir la humedad en el perfil.

Al final del ensayo (Septiembre 2015) se determinó la fitomasa aérea forrajera y no forrajera en las áreas roladas y no roladas. Para ello se establecieron 20 muestras de 0.5 m^2 y se cortó la fitomasa aérea separando por especie. Este material fue secado y pesado manteniendo la individualidad específica.

Durante todo el período de muestreo se registraron las variables climáticas mas importantes relacionadas con el desarrollo y dinámica de la vegetación. Con una estación agrometeorológica Davis Vantage Pro2 instalada en las inmediaciones del ensayo se

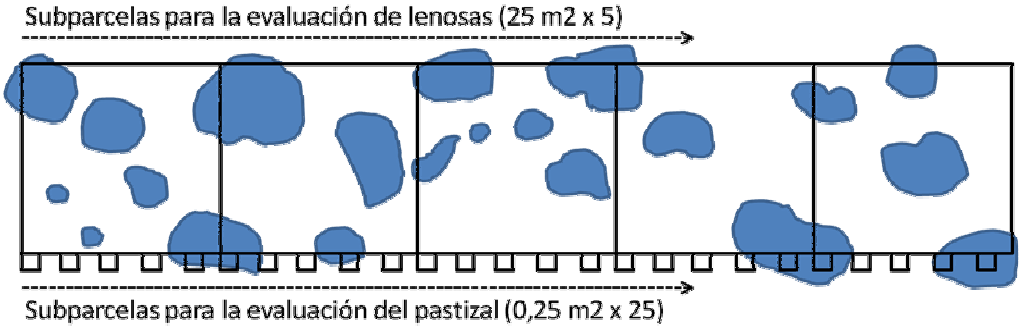


Figura 3. Detalle del diseño de muestreo

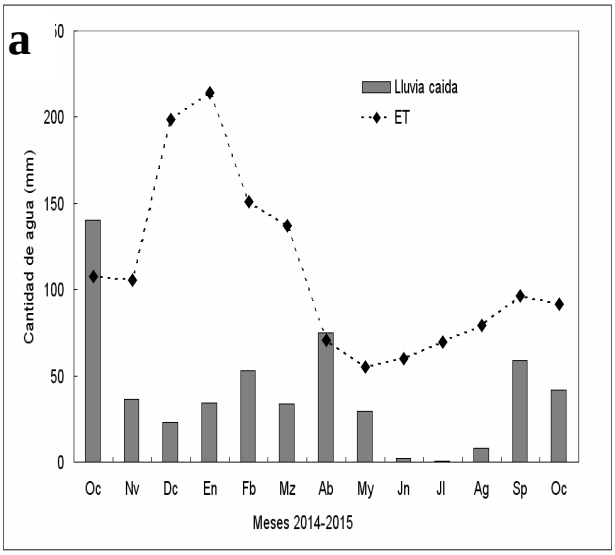
registró en forma horaria la temperatura (ºc) y humedad del aire (%), la radiación solar (w/m^{-2}), la velocidad y dirección del viento, la lluvia caída y la evapotranspiración potencial.

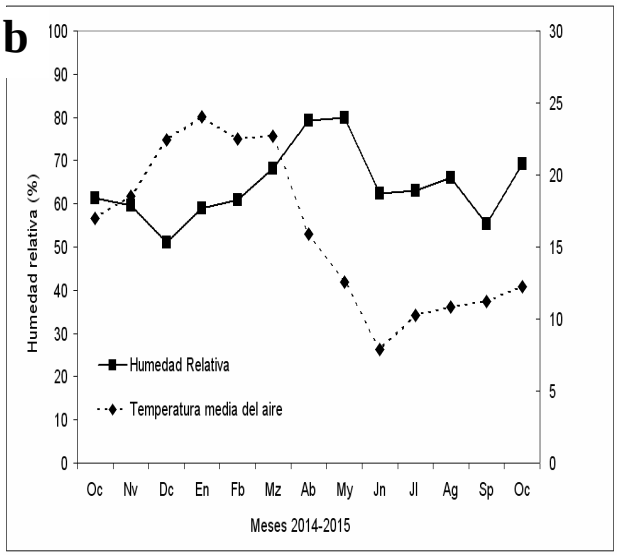
De manera exploratoria se utilizó Análisis de Componentes Principales a partir de una matriz con los datos de cobertura de vegetación, de broza y de suelo desnudo por un lado y las leñosas por el otro, con el objeto de identificar posibles diferencias o similitudes entre los diferentes parámetros evaluados teniendo en cuenta los distintos tratamientos y en las distintas fechas de muestreo. Las diferencias entre tratamientos y fechas fueron evaluadas mediante ANOVA. La diversidad específica fue evaluada a través del índice de Shanon-Weaver (1963).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Principales aspectos meteorológicos durante el período de muestreo.

Como es de esperar en esta región, las mayores precipitaciones se producen durante la primavera y el otoño, con registros muy bajos durante el invierno. La evapotranspiración potencial superó los 200 mm durante el verano y descendió hasta casi





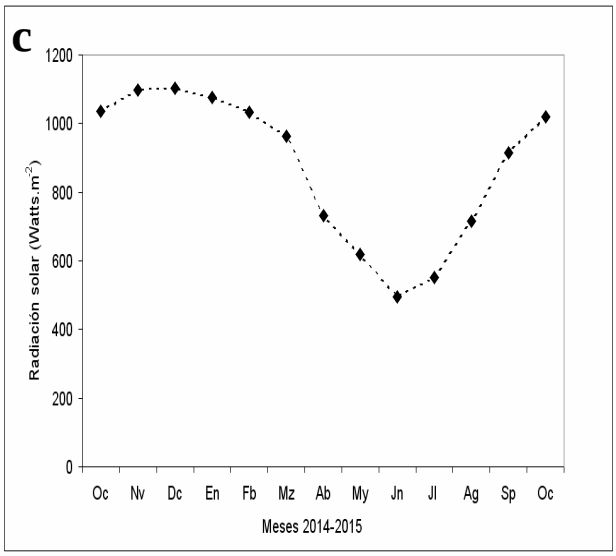


Figura 4. Variables meteorológicas registradas durante el ensayo de rolado y aplicación de herbicida en la Ea. Bajo Verde. a. Lluvia caída y evapotranspiración potencial mensual (mm), b. Temperatura promedio horaria mensual del aire (ºc) y Humedad relativa promedio horaria mensual del aire (%) y c. Radiación solar promedio horaria mensual ($w.m^{-2}$)

50 mm en invierno. (Figura 4a). Se observa que solamente en los meses de abril y octubre la lluvia caída supero la evapotranspiración potencial. El balance hídrico es negativo en el periodo que duro el ensayo.

Con respecto a la humedad relativa del aire promedio horario mensual, los valores máximos se observaron en el otoño (abril y mayo) con valores de alrededor de 80 %,

manteniéndose el resto del año alrededor de 60%. En cuanto a la temperatura media horaria mensual, los máximos valores se registraron durante el verano con alrededor de 23 ºc y los valores mínimos en el mes de junio con valores de alrededor de 7 y 10 ºc (Figura 4b).

Otra de las variables climáticas medidas fue la radiación solar, que como es de esperar, los mayores valores se registraron durante el verano con alrededor de 1150 $w.m^{-2}$ mientras que en el invierno desciende a alrededor de 500 $w.m^{-2}$ (Figura 4c).

Contenido de humedad del suelo a diferente profundidad en áreas sometidas a rolado selectivo y aplicación de herbicida en distintas fechas de muestreo.

En la Figura 5 se observa el contenido de humedad del suelo para las situaciones de rolado y para el testigo no rolado, en las distintas fechas de muestreo y a tres

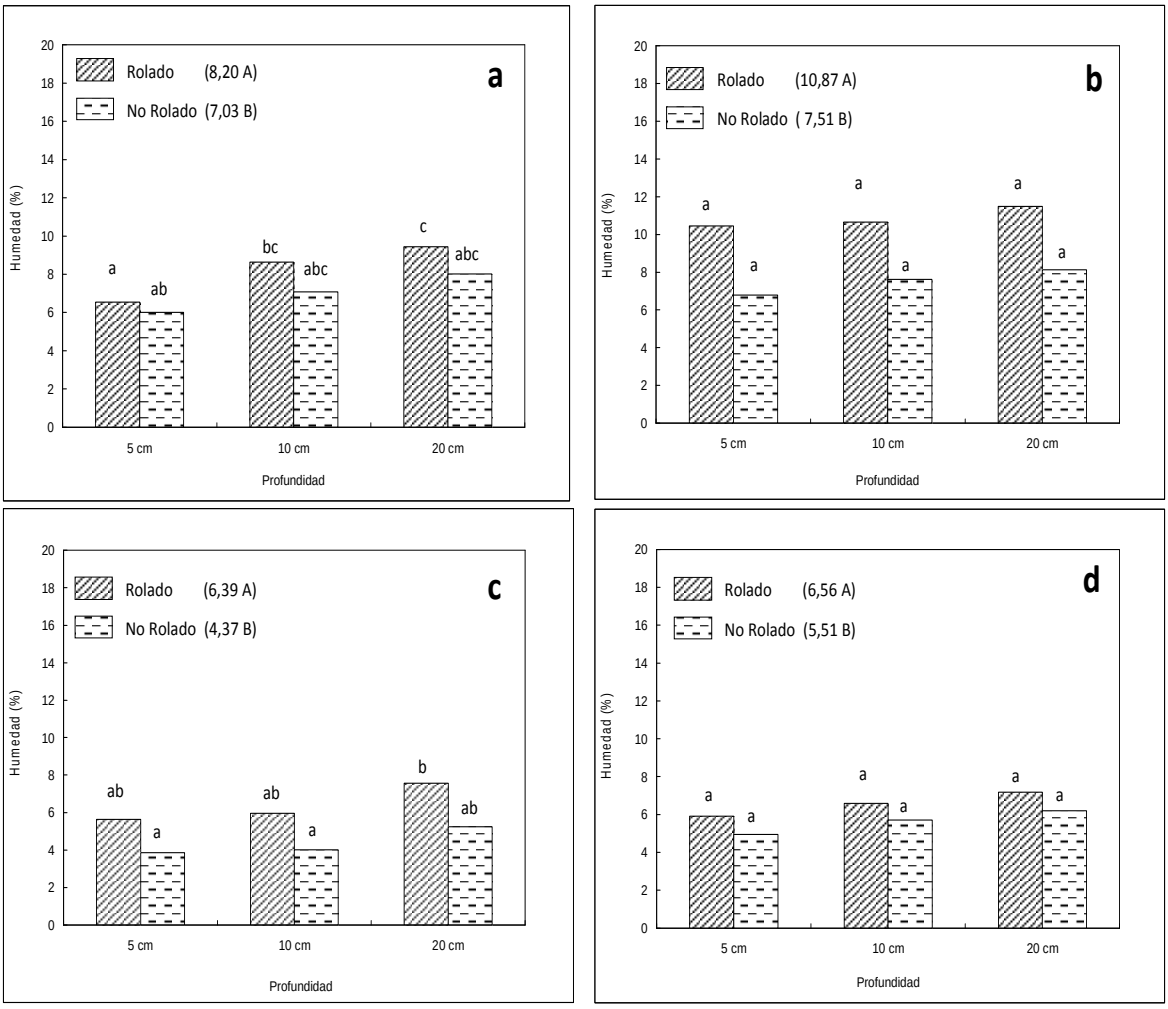


Figura 5. Contenido de humedad (%) en los suelos de áreas roladas y no roladas en el Bajo Verde, a diferente profundidad (5, 10 y 20 cm) en distintos momentos del año, a. Octubre 2014, b. Marzo 2015, c. Junio 2015 y d. Septiembre 2015. Para cada fecha de muestreo, letras minúsculas diferentes entre profundidades y tratamientos indican diferencias significativas ($P<0.05$), letras mayúsculas diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas ($P<0.05$).

profundidades (5, 10 y 20 cm). En términos generales e independientemente de las profundidades se observan diferencias (P<0.05) entre los tratamientos.

Los mayores contenidos de humedad se registraron siempre en las áreas roladas (P<0,05) donde los valores superaron hasta en un 40% a las áreas testigo. También se detectaron diferencias en el contenido de humedad de las diferentes profundidades muestreadas entre las distintas fechas de muestreo. Los mayores contenidos de humedad (P<0,05) a lo largo del año se registraron en oct-2014 y mar-2015, en coincidencia con las mayores precipitaciones estacionales registradas en el área (Figura 4a).

Estos resultados permiten confirmar el doble efecto del rolado en cuanto al contenido de humedad del suelo. Por un lado el efecto que tendrían las cuchillas del rolo, las que harían cortes en el suelo de 20 cm de profundidad que facilitarían el ingreso del agua a horizontes mas profundos aún cuando mediante este muestreo solo se observó la humedad en el horizonte A o parte de él, todo hace pensar que la eliminación de parte de la vegetación leñosa disminuiría las pérdidas de agua por transpiración de las mismas proveniente de los horizontes mas profundos.

Análisis de Componentes Principales sobre la cobertura en el estrato graminoso herbáceo y los tratamientos realizados en distintas fechas de muestreo

La distribución de los tratamientos (Figura 6) es explicada por el CP 1 en un 61.8 % de acuerdo con la cobertura de vegetación y de broza, mientras que el CP 2 lo hace en un

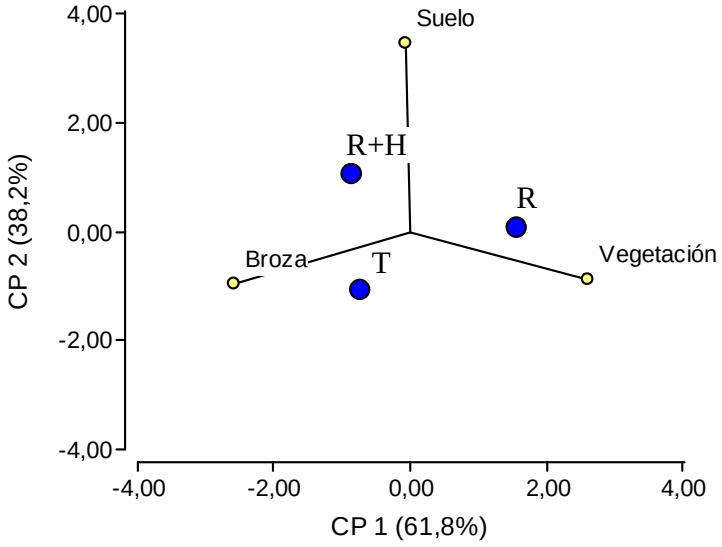


Figura 6. ACP sobre la cobertura (%) de vegetación, broza y suelo desnudo en relación con los tratamientos de rolado (R), rolado + herbicida (R+H) y testigo (T) independientemente de la fecha de muestreo.

38.2 % de acuerdo a la proporción de suelo desnudo (Figura 6). Se destaca el rolado sin herbicida por su mayor cobertura de vegetación, mientras que el rolado con herbicida y el testigo no rolado poseen menor cobertura de vegetación activa y mayor cobertura por broza. A su vez se observa que el tratamiento rolado con herbicida esta asociado con mayores proporciones de suelo desnudo

Estas diferencias en cuanto a la cobertura de vegetación en las áreas roladas pueden deberse a las diferencias en la estructura del fachinal previo al tratamiento de rolado, donde el estrato graminoso herbáceo ya tenía mayor proporción de cobertura vegetal. También podría explicarse a través del efecto de los herbicidas utilizados para el control del rebrote de las leñosas, los que habrían afectado también el crecimiento y desarrollo de las especies del pastizal, pasando gran parte de ellas a broza y dejando espacios de suelo desnudo.

Con respecto a las fechas de muestreo (Figura 7) el CP 1 explica en un 77.4 % su distribución de acuerdo a la cobertura por vegetación y broza, mientras que el CP 2 explica solo el 22.6 % de la distribución de las fechas y discrimina por la presencia de suelo desnudo. Las fechas Marzo 2015 y Septiembre 2015 están asociadas con mayores coberturas de vegetación y de broza, mientras que Junio 2015 esta asociado con menores contenidos de vegetación y en Octubre 2014 con mayores contenidos de suelo desnudo

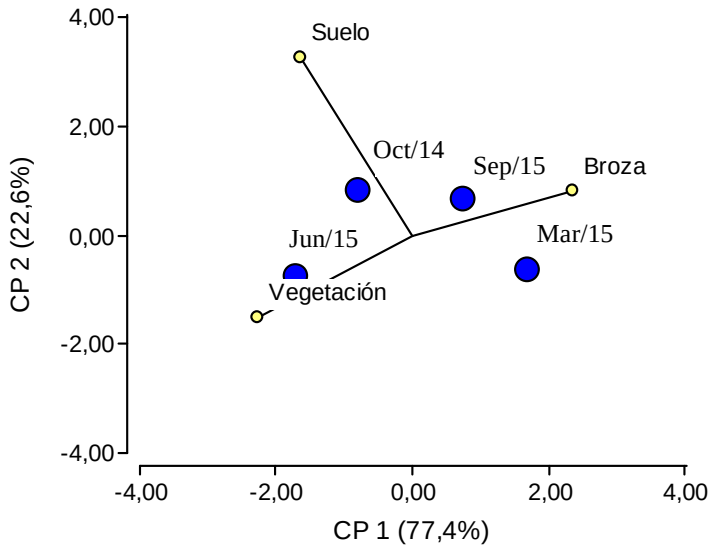


Figura 7. ACP sobre la cobertura (%) de vegetación, broza y suelo desnudo en relación con las fechas de muestreo (Oct/14, Mar/15, Jun/15 y Sep/15) independientemente de los tratamientos.

Esta distribución de las fechas de muestreo según la cobertura guardan cierta lógica con la fenología de las especies que integran la comunidad. Así, en Marzo y Septiembre 2015 se observaron los mayores valores de cobertura por broza y vegetación coincidiendo con los momentos de desarrollo y establecimiento de la mayor cantidad de especies de la comunidad. Mientras que en Julio 2015 la mayor parte de las especies se encontraban en reposo invernal y en Octubre 2014 las áreas roladas tienen mucho peso en el análisis ya que luego del tratamiento gran parte de la vegetación leñosa y graminosa fue afectada, con importantes proporciones de superficie que fue cubierta por broza y otras áreas donde directamente quedo como suelo desnudo.

Análisis de Componentes Principales sobre la cobertura en el estrato leñoso y los tratamientos realizados en distintas fechas de muestreo

La evaluación de la cobertura de leñosas luego de un año de realizado el rolado, aún cuando los rebrotes de las leñosas destruidas por el rolo han incrementado su cobertura, muestra importantes diferencias con respecto al testigo no rolado. En el ACP realizado sobre la cobertura de leñosas se observan claramente las áreas roladas (Rolado solo, Rolado + herbicida) y el testigo. El CP1 explica en un 80.2 % la distribución de las parcelas y constituye un gradiente de disturbio donde claramente el elemento que los separa es la mayor cobertura de leñosas en el testigo o área sin disturbio y la mayor cobertura de rebrotes en el rolado (Figura 8). Estos resultados confirman el efecto del rolado, ya que el mismo consiste en eliminar una cierta proporción de la vegetación

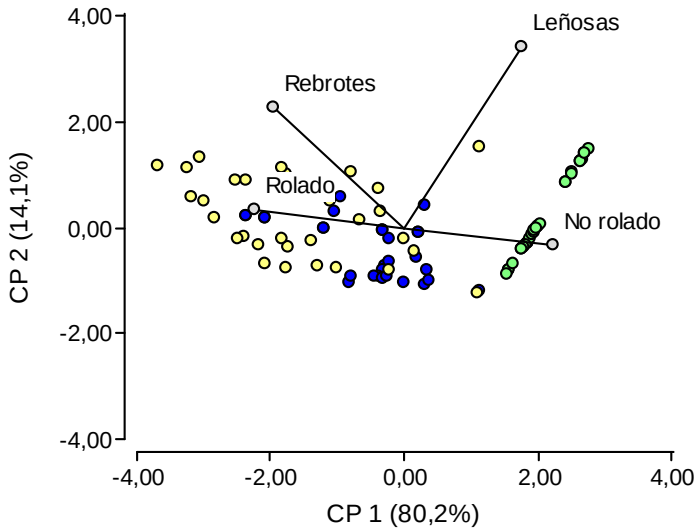


Figura 8. ACP sobre la cobertura (%) del estrato de leñosas en relación con las los tratamientos de rolado (amarillo), rolado + herbicida (azul) y no rolado (verde).

leñosa por lo que en el área luego del tratamiento quedan sectores con la vegetación leñosa original (no pasó el rolo) y otros donde la vegetación leñosa es destruida (pasó el rolo) y quedan los tocones con o sin rebrotes.

Cobertura en el estrato graminoso herbáceo sometido a rolado y aplicación de herbicidas en distintas fechas de muestreo

Como puede observarse en la Tabla 1, no hay diferencias significativas entre los tratamientos Testigos y Rolado + Herbicida pero sí las hay comparando estos dos tratamientos con el rolado. En términos absolutos hay mayor vegetación en el rolado, seguido por el testigo y por último el rolado + herbicida.

Con respecto a la broza, si bien se observa que el testigo posee la mayor cobertura comparado con el resto de los tratamientos, este no difiere del rolado + herbicida, pero ambos difieren ($P<0.05$) del rolado que es el tratamiento con menor cobertura de material muerto sobre la superficie del suelo.

En cuanto a suelo desnudo el tratamiento de Rolado + Herbicida es el que mayor proporción presenta y difiere ($P<0.05$) con el testigo. Por otro parte, el rolado no difiere ($P>0.05$) con el rolado + herbicida ni con el testigo

Estas diferencias entre el rolado con respecto al Rolado + Herbicida y el Testigo posiblemente están relacionadas con la magnitud del disturbio causado en ambos casos donde se intervino sobre el fachinal. La mayor proporción de vegetación en el rolado se puede explicar en la mayor superficie disponible para el establecimiento de la vegetación. Mientras tanto, la mayor cobertura por broza y el suelo desnudo observado en el rolado + herbicida podría explicarse por un efecto combinado del disturbio causado por el rolo que aplastó gran parte del pajonal y por el efecto de los herbicidas aplicados a los tocones y rebrotes que también habría afectado especies del pastizal aledaño.

Tabla 1. Cobertura (%) del estrato graminoso – herbáceo, broza y suelo desnudo en las áreas con distintos tratamientos (rolado y rolado + herbicida) y testigo. Valores con letras diferentes para un mismo indicador difieren significativamente ($P<0.05$)

	Rolado	Rolado+H	Testigo
Vegetación	58,47 a	47,12 b	50,64 b
Broza	31,60 a	39,70 b	42,39 b
Suelo	9,69 ab	12,17 b	7,00 a

En la Tabla 2 puede observarse la interacción entre las fechas y la cobertura de los distintos componentes. Separando por tratamientos vemos que en el rolado, la vegetación en términos absolutos es mayor en Junio y tiene diferencias significativas con el resto de

las fechas, en las cuales Marzo 2015 se diferencia con las demás. En cuanto a suelo desnudo no es tan variable a lo largo del año, puede observarse que Octubre 2014 es el que mayor proporción presenta en términos absolutos, pero en términos comparativos no se diferencia significativamente de Junio 2015 y Septiembre 2015 pero si se diferencia de Marzo 2015. Esta última fecha no difiere (P>0.05) de Junio 2015 y Septiembre 2015. En cuanto a la cobertura del dosel y la cobertura de rebrotes no se diferencian significativamente entre la primera fecha de muestreo y la última.

En el tratamiento 2 se observa que la vegetación en Septiembre 2015 es mayor en términos absolutos pero no muestra diferencias significativas con Junio 2015, a su vez estas dos fechas no difieren de Octubre 2014 y Marzo 2015 mientras que estas dos últimas fechas no se diferencian entre sí (P>0.05). La broza, no se diferencia significativamente entre las distintas fechas y hablando en términos absolutos es mayor en Marzo 2015. Analizando el suelo desnudo, vemos que, al igual que la broza, no se difiere (P>0.05) las fechas, siendo Octubre 2014 la fecha que mayor suelo desnudo presentó en términos absolutos. En cuanto a la Cobertura del dosel se vieron diferencias significativas entre la primer y última fecha, siendo Septiembre 2015 la fecha que mayor cobertura presentó, de esta forma afirmamos que la cobertura aumentó considerablemente. A su vez, los rebrotes también incrementaron su cobertura ya que se ven diferencias significativas entre Octubre 2014 y Septiembre 2015.

El testigo tuvo mayor cobertura de vegetación en Octubre 2014 y Junio 2015, fechas que no se diferencian significativamente, pero sí lo hacen con las fechas Marzo 2015 y Septiembre 2015. Estas dos últimas fechas no difieren entre sí (P>0.05). La broza es mayor en Marzo 2015 en términos absolutos y significativos. Por su parte, Septiembre 2015 se diferencia del resto por estar en un punto intermedio y analizando Octubre 2014 y Junio 2015 son los que menor broza tienen y no difieren entre sí.(P>0.05).

Tabla 2. Cobertura (%) en distintas fechas de muestreo del estrato graminoso-herbáceo y de los estratos leñosos en áreas con tratamiento de rolado y aplicación de herbicida. Letras diferentes para un mismo indicador indican diferencias entre fechas y tratamientos (P<0.05).

	Tratamiento								Testigo			
	Rolado				Rolado + Herbicida							
	Oct-14	Mar-15	Jun-15	Sep-15	Oct-14	Mar-15	Jun-15	Sep-15	Oct-14	Mar-15	Jun-15	Sep-15
Sup. Rolada (%)	51 a	--	--	49 a	79 a	--	--	71 a	--	--	--	--
Estrato Pastizal: Vegetación	56,1 a	64,4 b	68,3 c	45,0 a	39,0 a	41,1 a	53,4 b	55,1 b	63,8 b	36,7 a	58,9 b	43,1 a
Broza	31,4 b	28,0 ab	20,9 a	46,1 c	43,6 a	44,9 a	35,7 a	34,6 a	32,3 a	58,6 c	33,5 a	45,2 b
Suelo desnudo	12,6 b	5,6 a	10,9 ab	9,7 ab	16,3 a	13,2 a	10,9 a	8,3 a	4,1 a	4,7 a	7,4 ab	11,7 b
Estrato leñoso Cobertura dosel	13,3 a	--	--	9,1 a	5,5 a	--	--	19,5 b	41,2 a	--	--	59,8 b
Cob. Rebrotes	8,8 a	--	--	5,8 a	8,0 a	--	--	18,3 b	--	--	--	--

En cuanto al suelo vemos que Septiembre 2015 presenta mayor proporción de suelo desnudo y no se diferencia completamente de Junio 2015, fecha que está en un punto intermedio ya que no difiere de Marzo 2015 y Octubre 2014. La Cobertura del dosel mostró diferencias significativas entre la primer y última fecha, siendo Septiembre 2015 la fecha que mayor cobertura presento pudiendo inferir en que la cobertura aumento considerablemente.

Cobertura en distintas fechas de muestreo de especies forrajeras, no forrajeras y anuales del estrato graminoso-herbáceo en áreas con tratamiento de rolado y aplicación de herbicidas

La proporción de suelo cubierto por especies forrajeras fue siempre superior en las áreas roladas que en el testigo. La presencia de anuales fue similar entre los tratamientos y entre las distintas fechas de muestreo a excepción del muestreo de marzo donde los valores registrados fueron notablemente inferiores a las otras fechas. La cobertura de especies no forrajeras, en general perennes, fue muy importante durante todo el muestreo y en los distintos tratamientos, con valores similares entre los distintos tratamientos. En todos los casos predominaron las “pajas”, específicamente *Nassella tenuissima* (Tablas 3, 4 y 5).

Entre las especies forrajeras se encontraron que las anuales *Bromus brevis* y *Phalaris angusta* tuvieron los mayores valores de cobertura durante todo el período que duro el ensayo. Las especies perennes, *Poa ligularis* y *Piptochaetium napostaense* fueron muy poco frecuentes y con muy bajos valores de cobertura (Tabla 3). En el tratamiento rolado + herbicida en el muestreo de Marzo 2015 se observa una notable disminución en la cobertura de las forrajeras y las anuales, posiblemente este relacionado con la aplicación de los herbicidas sobre los tocones que se realizó dos semanas antes de la lectura de las líneas transecta para la vegetación graminosa herbácea o también la finalización del ciclo de esas especies (Tabla 3 y 4).

Tabla 3. Cobertura (%) de las especies forrajeras observadas durante los muestreos realizados en las áreas roladas (R), roladas + herbicida (R+H) y testigo (T)

Forrajeras	Oct-14			Mar-15			Jun-15			Sep-15		
	R	R+H	NR	R	R+H	NR	R	R+H	NR	R	R+H	NR
Carex bonariensis	0,03	0,27	1,07	0,04	0,14	0,00	0,00	0,00	0,04	0,03	0,00	0,00
Digitaria californica	2,43	4,73	0,30	11,76	1,91	0,01	3,97	1,74	2,48	0,00	14,23	0,08
Lycium chilensis	0,45	0,48	0,38	0,88	0,45	0,11	3,94	0,99	0,00	1,22	1,45	1,69
Phalaris angusta	5,44	0,07	4,87	5,50	1,20	2,26	3,58	2,89	0,00	8,50	11,50	10,00
Piptochaetium napostaense	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,10	1,20	0,00	0,00	0,00
Poa ligularis	0,31	0,00	1,20	0,86	0,14	0,11	0,00	0,00	1,23	0,00	0,00	0,00
Setaria pampeana	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,41	0,45
Bromus brevis	5,28	10,96	1,97	6,50	0,80	0,60	16,45	11,45	6,73	2,50	3,50	8,00
Briza subaristata	0,17	0,00	0,00	0,44	0,33	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
Total	14,16	16,77	9,80	25,98	4,97	3,11	27,94	20,17	11,68	12,28	31,09	20,33

Esa disminución en la cobertura de forrajeras y anuales, que en muchos casos son las mismas especies, se observó en Marzo 2015 también para el testigo, lo que parece indicar que otra posible explicación sería que estas especies habrían cumplido su ciclo y por lo tanto disminuido su presencia en la comunidad.

En el resto del área rolada si bien se observó una disminución importante en la presencia de estas especies, la cobertura no tuvo una disminución tan importante y esto posiblemente este relacionado con los mayores contenidos de agua encontrados en el perfil aún en esta época del año.

Aún luego de un año de efectuado el rolado, se observa que los distintos tratamientos no difieren en cuanto a la composición florística y la respuesta del área rolada parece indicar una estrecha relación con la estructura original del sistema donde se realizó el ensayo ya que se trataba de una zona de fachinal muy cerrado, de difícil acceso y con importante cobertura de pajas debajo de las leñosas y en las áreas mas abiertas.

Tabla 4. Cobertura (%) de las especies anuales observadas durante los muestreos realizados en las áreas roladas (R), roladas + herbicida (R+H) y testigo (T)

Anuales	Oct-14			Mar-15			Jun-15			Sep-15		
	R	R+H	NR	R	R+H	NR	R	R+H	NR	R	R+H	NR
Acaena myriophylla	2,04	1,22	0,80	0,00	0,00	0,00	2,03	0,20	2,99	6,73	0,00	0,00
Aphanes parodii	0,24	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	3,07	1,60	2,01
Bowlesia incana	0,08	0,00	1,21	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,14	0,16	2,89	1,05
Cerastium junceun	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chenopodium album	9,31	0,99	0,00	0,13	2,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Conyza blackei	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00
Conyza bonariensis	2,45	1,23	7,85	4,74	1,99	2,98	1,61	1,51	0,00	0,00	0,00	0,00
Daucus pusillus	0,51	0,61	2,74	0,00	0,00	0,00	1,27	1,81	0,00	0,61	0,00	0,00
Descurainia argentina	5,12	2,74	1,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,32	0,65	1,67	1,36
Gamochaeta calviceps	0,03	0,27	1,04	0,04	0,16	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
Gnaphalium sp	0,00	0,20	0,00	0,00	0,03	0,59	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,13
Halimolobus montanus	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hetherotheca subaxilaris	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Linaria texana	0,31	0,00	3,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Medicago minima	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Micropsis sp	0,16	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,07	0,40
Parietaria debilids	0,43	0,27	5,79	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Parthenium hystherophorus	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,47
Phalaris angusta	2,37	4,61	0,36	11,47	1,87	0,20	3,86	1,73	2,41	0,00	13,87	10,00
Plantago patagonica	0,00	1,25	1,43	0,00	0,00	0,00	0,23	0,00	0,13	0,00	0,47	1,07
Relbunium richardianum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,03	0,00	1,53
Setaria pampeana	0,00	0,08	0,40	0,00	0,13	0,36	0,03	0,00	0,97	1,96	0,00	0,00
Silene antirrhina	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
Stuckertiella peregrina	0,00	0,08	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,12	0,00	0,00	0,00
Bromus brevis	5,28	10,96	1,97	0,00	0,00	0,60	16,45	11,45	0,00	11,00	0,00	8,00
Total	28,41	24,86	28,90	16,59	6,58	4,73	25,98	16,71	29,53	25,25	20,60	26,03

La cobertura de especies no forrajeras y entre ellas una de las especies del pajonal, *Nassella tenuissima*, tuvo valores importantes durante todo el período de muestreo y en los distintos tratamientos. Ni la apertura provocada por el rolado en la comunidad, ni la muerte de leñosas producida por la aplicación de herbicidas parecen haber tenido un efecto positivo en el establecimiento de especies forrajeras y por ende en el incremento de forraje mencionado en otros trabajos (Kunst *et al.*, 2009; Adema *et al.*, 2003). Esta respuesta esta muy relacionada con el estado precedente del fachinal, es decir con la composición florística y las especies que antes de los tratamientos eran dominantes en el estrato graminoso herbáceo. Los resultados encontrados en este trabajo guardan estrecha relación con los resultados obtenidos por Ernst *et al.* (2015) quienes en un estudio del banco de semillas del suelo en la misma área de estudio encuentran una marcada predominancia de especies no forrajeras como *Nassella tenuissima* y *Jarava ichu.*

Tabla 5. Cobertura (%) de las especies no forrajeras observadas durante los muestreos realizados en las áreas roladas (R), roladas + herbicida (R+H) y testigo (T)

No Forrajeras	Oct-14			Mar-15			Jun-15			Sep-15		
	R	R+H	NR	R	R+H	NR	R	R+H	NR	R	R+H	NR
Baccharis crispa	0,52	0,00	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00	0,64	0,00	7,91	21,59	30,33
Baccharis gilliesii	0,31	0,00	0,40	0,00	0,57	0,20	5,14	0,23	1,60	0,00	0,17	0,87
Baccharis pingraea	0,13	0,51	0,00	2,22	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
Baccharis ullicina	2,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85	2,59	3,45	2,92	0,24	0,63	0,00
Dichondra mycrocalyx	0,00	0,70	1,76	3,19	1,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27
Eupatorium patens	5,40	0,00	0,27	0,23	0,00	2,21	3,49	2,97	1,96	0,65	0,00	0,00
Gaillardia megapotamica	0,00	0,07	4,92	3,16	1,71	0,00	0,00	0,00	1,17	0,00	0,00	0,04
Glandularia hookeriana	0,04	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00
Hordeum stenostachys	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lecanophora ecristata	0,01	0,00	1,17	0,84	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
Melica macra	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oenothera indecora	0,15	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Prosopanche americana	0,04	0,24	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	0,03	0,00	0,44
Prosopis caldenia (rebrote)	2,75	0,00	0,00	0,00	0,00	3,44	1,27	3,81	0,47	0,00	0,00	0,00
Solanum eleagnifolium	0,43	0,00	2,91	17,40	10,00	0,37	0,00	0,00	0,67	0,03	0,40	0,00
Solanum meloncillo	0,33	0,23	0,00	0,12	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	2,33	0,00	0,00
Solidago chilensis	0,21	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
Amilochloa brachychaeta	0,21	1,43	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00
Jarava ichu	1,44	0,00	0,00	0,00	0,00	9,03	0,00	0,84	0,00	8,00	0,00	0,00
Nassella tenuissima	21,64	19,08	24,07	20,08	27,37	28,53	33,63	27,71	30,01	24,00	30,60	28,33
Total	36,77	22,50	35,99	47,70	41,91	44,76	46,16	39,9	40,67	43,21	53,39	60,48

Diversidad florística y riqueza en áreas tratadas y testigo

La diversidad y la riqueza florística fueron dos indicadores que también se calcularon para identificar posibles efectos de los tratamientos sobre la composición florística de esta comunidad de fachinal intervenida.

La diversidad, como elemento integrador de la riqueza y la abundancia es un excelente indicador de la condición florística de la comunidad y en este caso no se observaron diferencias importantes entre los tratamientos y el testigo en las distintas fechas de muestreo. En general se observa una baja diversidad luego de un año del rolado, es decir al comienzo del muestreo donde este indicador oscila entre 5,36 para el rolado + herbicida y 7.22 para el testigo. Comparado con la riqueza, esta baja diversidad no hace mas que corroborar la dominancia de unas pocas especies mencionadas en el apartado anterior, situación que parece fortalecerse durante el período de muestreo ya que la diversidad disminuye prácticamente a la mitad y a su vez, la riqueza florística que para una misma fecha no difiere entre los tratamientos, disminuye notablemente hacia el final del muestreo (Tabla 6). Estos cambios observados a lo largo del año, independientes de los tratamientos realizados, pueden estar relacionados con aspectos climáticos previos que habrían favorecido la mayor presencia de especies, sobretodo anuales, que son las primeras en responder a períodos mas favorables desde el punto de vista climático.

Posiblemente los efectos sobre estos indicadores puedan observarse a mas largo plazo, cuando los cambios en la estructura provocados por el rolado y por los herbicidas realmente incidan en la partición de recursos dentro la nueva estructura de la comunidad.

Tabla 6. Diversidad florística y riqueza específica en las diferentes fechas de muestreo en las áreas roladas, roladas + herbicida y testigo

Tratamiento	Diversidad		
	Rolado	Rolado+Herbicida	No Rolado
01/10/2014	7,03 ±3,74	5,36 ±2,02	7,22 ±1,94
01/03/2015	4,53 ±0,57	3,30 ±1,04	2,92 ±0,70
01/06/2015	6,24 ±0,79	4,20 ±0,68	4,17 ±1,67
01/09/2015	3,39 ±0,59	2,72 ±0,04	2,30 ±0,21
	Riqueza		
01/10/2014	24,00 ±5,29	19,00 ±5,20	23,33 ±1,15
01/03/2015	12,33 ±4,16	13,33 ±0,58	12,67 ±2,08
01/06/2015	16,33 ±0,58	13,00 ±2,00	16,00 ±5,29
01/09/2015	15,33 ±2,31	13,33 ±2,52	14,00 ±4,00

Efecto de herbicidas sobre rebrotes de renuevos de caldén rolado

Los tratamientos de los rebrotes provenientes del rolado con herbicidas sistémicos de aplicación foliar y basal, tuvieron resultados muy interesantes ya que la proporción de individuos afectados supera ampliamente lo citado en la bibliografía para leñosas (Echeverria, 2006; Córdoba *et al*., 2008). En términos generales e independientemente del tipo de aplicación, en las parcelas tratadas se observó una mortandad del 59% (±23,6) de individuos de *Prosopis caldenia* que rebrotaban con posterioridad al rolado.

Se observó que la aplicación foliar provoco una mortandad del 72.4 % (±15.5) mientras que la aplicación basal provoco una mortandad de individuos de 48.1 % (±27.9). Estos resultados permiten observar que la aplicación foliar fue mucho mas efectiva y menos variable que la aplicación basal (Tabla 7). Si bien no se encontró información específica sobre la respuesta de los rebrotes de calden a los herbicidas, existen numerosas experiencias no documentadas sobre el tratamiento efectivo de los renuevos en potreros de pastizal.

Si bien estos resultados permitirían observar una alta efectividad en el control del rebrote de las leñosas tratadas luego de un procedimiento mecánico, son solo resultados preliminares que deben repetirse a fin de poder determinar con mayor precisión una estrategia de intervención adecuada en este tipo de fachinales.

Tabla 7. Proporción de individuos muertos (%) como consecuencia de la aplicación de herbicidas sobre renuevos de calden que rebrotaron luego del rolado en los tratamientos de rolado + herbicidas

Tipo de aplicación	Renuevos muertos (%)	SD
Basal	48,05	27,97
Foliar	72,42	15,56

Fitomasa aérea (gMS.m^{-2}) forrajera y no forrajera en áreas roladas y no roladas

En concordancia con otros trabajos realizados sobre fachinales (Kunst *et al*., 2009) se observó que luego de una estación de crecimiento a partir de la fecha de tratamiento la cantidad media de fitomasa aérea de herbáceas en las parcelas roladas superó en forma significativa a los testigos sin tratar (Figura 9). A diferencia de otros trabajos (Kunst *et al*., 2009, Adema *et al.*, 2003), las especies no forrajeras fueron las que mas incrementaron su cobertura y fitomasa aérea por unidad de superficie a partir del rolado. Esto de debe a que el banco de semillas del sitio presentó mayor cantidad de estas especies no forrajeras, en especial de *Nassella tenuissima* (Ernst *et al.,* 2015).

El incremento en la fitomasa total se atribuye al incremento en la luminosidad del sistema ya que permitió un mayor desarrollo de las plantas ya establecidas y como se mencionó anteriormente, una mayor germinación de semillas provenientes del banco. Esto último también está relacionado con el proceso de aplastamiento y mortandad por descalzado de las especies del pajonal que habría generado “ventanas” de relajación competitiva con mayor concentración de nutrientes por descomposición de la broza (Loydi *et al*., 2013), que habría permitido y favorecido la germinación y establecimiento de gran

parte de las semillas del banco. Otro posible efecto de esta técnica esta relacionado con la remoción del suelo por parte de las cuchillas del rolo que permitiría un mayor ingreso de agua al perfil y favorecería también la germinación de las semillas de las pajas, que por su forma y tamaño quedan en general depositadas sobre la broza y primeros centímetros del perfil del suelo. El rolado a su vez habría facilitado el contacto de estas semillas con el suelo y la humedad del mismo favoreciendo su germinación y posterior establecimiento (Foto 1).

En este sentido, y pensando en la composición de la fitomasa aérea resultante de los tratamientos realizados en el fachinal, todo depende la composición inicial ya que será el banco de semillas el encargado de restablecer la comunidad del estrato graminoso herbáceo (Ernst *et al.*, 2015). Eso no significa que el rolado no haya tenido efecto desde el punto de vista la incorporación de especies forrajeras, el problema en este caso es que la presencia de estas especies en la comunidad original era muy pobre (Ernst *et al.*, 2015). Luego del rolado y con manejo adecuado es posible modificar la composición florística de la comunidad resultante a favor de mayor producción de fitomasa forrajera, como por ejemplo, dejando descansos en los momentos de floración y establecimiento de estas especies.

Uno de los aspectos mas importantes para el establecimiento de especies forrajeras en la comunidad, al menos por unos años, esta logrado. Ello es la apertura y raleo de leñosas, con lo que cambiaran las interacciones entre las especies de la comunidad y mayor cantidad de recursos podrán ser destinados al estrato graminoso herbáceo. El interrogante principal en este caso, es la recuperación de los tocones, es

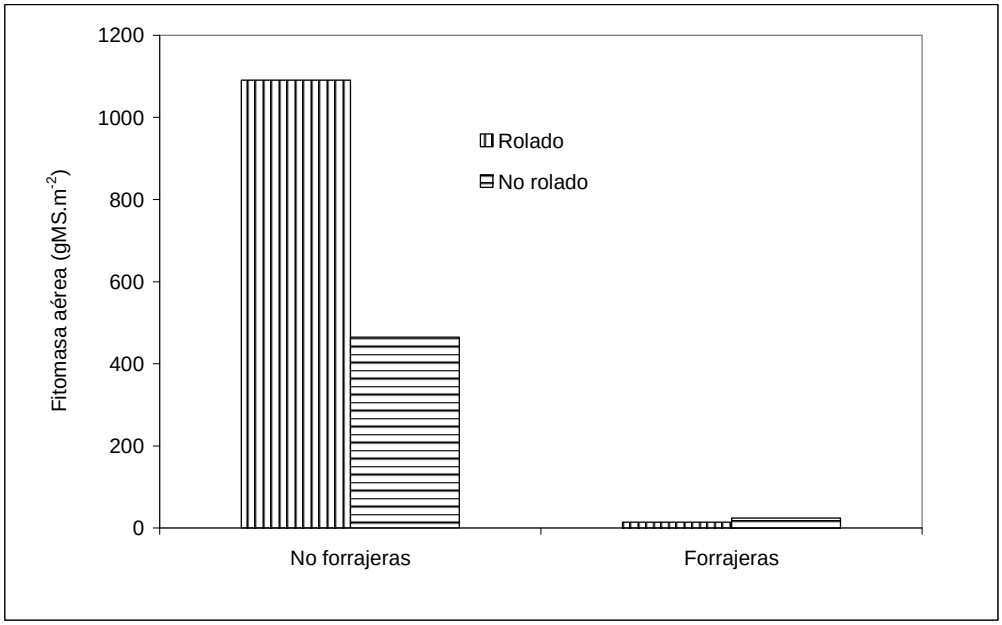


Figura 9. Fitomasa aérea (gMS.m^{-2}) de especies forrajeras y no forrajeras en áreas roladas y no roladas luego de un año de crecimiento.

decir el rebrote de los mismos y el área que ocuparan si no se combina con otra técnica que logre impedir el desarrollo de los mismos.

Efecto del rolado y la aplicación de herbicidas sobre la estructura y dinámica de la comunidad.

Como ocurre en numerosos pastizales semiáridos del mundo, la combinación de procesos naturales y antrópicos ha incrementado la densidad de algunas especies arbustivas (Archer, 1995) y el rolado es una técnica que reduce el dosel del estrato arbustivo, aumentando el área de pastizal como consecuencia del triturado de las leñosas (Adema *et al*., 2002). En términos generales, como ocurrió en otras regiones donde se utilizó esta técnica, el tratamiento rolado modificó profundamente la fisonomía de la vegetación en comparación con la de los testigos: aplastó la vegetación leñosa, especialmente árboles de baja altura y arbustos, dejando montones consistentes de ramas y hojas. Las áreas roladas estuvieron asociadas con mayores contenidos de broza proveniente de ramas finas y plantas del estrato graminoso herbáceo que fueron descalzadas y aplastadas. La rugosidad de la superficie del suelo fue alterada a través de cortes de profundidad 5-10 cm, y por la presencia de residuos vegetales en superficie. Los cortes permanecieron poco tiempo en el suelo (Kunst *et al.*, 2003; Adema *et al.*, 2003).

Un primer efecto del rolado sobre el contenido de agua del suelo es un aumento de la misma inmediatamente después del rolado. Este efecto se atribuye al aplastamiento de toda la cobertura vegetal que transpira agua (Anriquez *et al.*, 2009). Según Kunst *et al*. (2009) la infiltración inicial (velocidad inicial) y la infiltración básica (velocidad estabilizada) disminuyen inmediatamente después del rolado debido al peso de la maquinaria, pero se restablece en la temporada siguiente. En el presente trabajo, luego de un año de realizado el rolado, se observa mayor contenido de humedad en todas las profundidades evaluadas a favor de las áreas roladas, lo que parece indicar un efecto favorable respecto a la infiltración. Posiblemente la textura franco arenosa es menos susceptible a la compactación por el pasaje del rolo y los residuos que quedaron en superficie habrían contribuido a una mayor retención de agua en el perfil (Adema *et al*, 2003).

Está comprobado que el rolado reduce el volumen de las leñosas arbustivas y estimula el crecimiento de las especies del pastizal porque disminuye la competencia interespecífica, pero cuando se afirma que favorece el establecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras (Anriquez & Albanesi, 2009; Kunst & Ledesma, 2009; Adema *et al.,* 2003) ello no es siempre cierto. También es bien conocido que la respuesta de toda comunidad a un disturbio siempre va a depender de su banco de semillas o el aporte de propágulos provenientes de otra parte. Justamente en el caso de este trabajo no se cumple con el aumento de fitomasa forrajera luego del rolado, ya que en el banco de

semillas previo al rolado predominaron las especies no forrajeras, en estrecha relación con la composición del pastizal (Ernst *et al.*, 2015)

Por otra parte, el rolado aporta gran cantidad de restos leñosos y de hojas aplastadas por las cuchillas del rolo, que se suman al aporte natural de hojas, ramas, frutos y raíces de los árboles del sitio (Anriquez & Albanesi, 2009). El rolado selectivo no incide sobre la cantidad ni la dinámica del carbono y nitrógeno total del suelo pero modifica la actividad microbiana, evaluada por la respiración edáfica, al modificar temporariamente los aportes de residuos (Anriquez & Albanesi, 2009). Estos aspectos podrían explicar un mayor desarrollo de las especies del pastizal luego del rolado, ya que dispondrían de mayor cantidad de agua y nutrientes en el perfil, sobre todo para el

Foto 1. Vista de la estructura horizontal y vertical del área de “fachinal” no rolada y luego del tratamiento de rolado.

establecimiento inmediato de plántulas en las áreas disturbadas, lo que evitaría posibles efectos erosivos y perdidas de humedad por evaporación del suelo desnudo.

La eficiencia de los métodos de control y manejo de leñosas depende en gran medida del tipo de vegetación sobre la cual actúan. El rolado, como método de control, constituye en sí un disturbio ya que altera la estructura natural de la vegetación y modifica las condiciones de competencia entre las especies que componen una comunidad (Foto 1 a y b). Sin embargo, puede considerárselo un método de manejo de vegetación más conservador que el desmonte total ya que deja en pie las leñosas de porte arbóreo, que podrían ser los mejores ejemplares, que brindan una serie de ventajas como el aporte de nutrientes, mayor capacidad de retención de agua en el suelo, sombra para el ganado y protección en época de heladas (Kunst *et al*., 2003; Anriquez *et al*., 2009).

El rolado es un tratamiento mecánico que solo 'poda', es decir solo elimina y/o modifica mediante cortes la estructura de las plantas. El principal efecto es ejercido sobre la estructura aérea de la planta, a la que aplasta, corta y elimina. Pero la corona y raíces de las plantas siguen vivas y las leñosas se recuperan, y regeneran su estructura aérea, creándose así el problema del “renoval”. Debido a que el rolo no mata, sino solo poda y hasta rejuvenece, la cobertura leñosa vuelve a ser importante con el tiempo, modificándose gradualmente la partición de recursos en la comunidad, comenzando a usar nuevamente agua y nutrientes (Sala *et al.*, 2012) y, limitando el factor luz solar. El segundo efecto se obtiene mediante la activación del banco de semillas de especies nativas como consecuencia de la mayor cantidad y mejor calidad de luz que llega al suelo (Foto 2) y de un mayor contenido de agua y mejor retención en el perfil (Figura 5). El paisaje final es un parque compuesto por árboles y pasto (Kunst *et al*., 2003; Anriquez *et*

Foto 2. Plántulas de *Nassella tenuissima* y otras herbáceas establecidas en el área rolada.

al., 2009),.

En un trabajo realizado por Adema *et al.* (2003) se observa que los tratamientos rolados tuvieron una cantidad mayor de forraje acumulado que varió entre 35% (2003 y 2005) y 118% (1999) por encima del monte natural durante todo el periodo estudiado. El trozado de arbustos a través del rolado, provocó un aumento significativo de la broza sobre la superficie del suelo, lo que constituye una de las causas del aumento del contenido hídrico del suelo (Adema *et al*., 2004; Anriquez *et al.*, 2009), como consecuencia de la disminución del escurrimiento superficial y mayor infiltración del agua en el perfil (Adema *et al.*, 2004).

La aplicación de herbicidas a los renuevos “podados” parece ser una alternativa posible para incrementar la duración de los cambios estructurales obtenidos en la comunidad y así mantener por mas tiempo mayor proporción de superficie cubierta con pastizal, permitiendo de esta manera manejar y recuperar la composición florística mas adecuada, con dominancia de forrajeras, mediante el manejo del pastoreo.

Otra posibilidad de combinar el rolado para el control de las leñosas es mediante las quemas prescriptas, pero cuando se aplica fuego con prescripciones para eliminar residuos y controlar rebrotes, es recomendable aplicarlo previa acumulación de suficiente material combustible fino porque la presencia de los residuos leñosos post rolado protegen al suelo de las pérdidas de humedad. La cobertura arbórea y el mantillo, que varía según la especie vegetal, mejora las condiciones de humedad del suelo e indica que el rolado debe ser selectivo y de baja intensidad. La presencia del árbol puede reducir las perdidas del agua del suelo por evaporación, que son importantes en ambientes semiáridos (Anriquez *et al*., 2009).

CONCLUSIONES

El rolado como técnica única para el control de fachinales no es una práctica recomendable debido a que no produce muerte de las leñosas, por el contrario produce un incremento de su cobertura basal a partir de los rebrotes de la corona luego de poco tiempo de realizado el tratamiento. Este efecto se puede observar al año del rolado y puede afectar notablemente el desplazamiento de los animales en el potrero, aún cuando la superficie graminosa haya aumentado. Cabe destacar un efecto de apertura inmediato al tratamiento de rolado que favorece el establecimiento de especies del estrato graminoso herbáceo y la composición resultante dependerá de la composición inicial y del banco de semillas existente previo al rolado. La complementación de otras técnicas con el rolado, como la aplicación de herbicidas y/o el fuego aparecen como los manejos mas recomendables para intervenir en estas comunidades dominadas por altas coberturas de leñosas bajas. Los resultados que se pueden lograr en cuanto a la transformación de la fisonomía y la permanencia de estos cambios en el tiempo aplicando una combinación de

técnicas de control son superiores que los obtenidos aplicando cada una de las técnicas de manera individual.

AGRADECIMIENTOS

Esta tesina forma parte de un proyecto que abarca el estudio de distintos aspectos sobre el uso del rolado y del fuego para recuperar áreas de fachinal, financiado por el rectorado de la UNLPam (POIRE 2013). Nuestro agradecimiento para Natalia Sawczuk, Berenice Cerrato, Ricardo Ernst por toda la ayuda brindada durante los relevamientos a campo. A Valeria Belmonte y Francisco Babinec por el asesoramiento en distintas cuestiones de estadística.

BIBLIOGRAFÍA

Adema E.O., D.E. Buschiazzo, F. J. Babinec, T. Rucci & V.G. Gómez Hermida. 2003. Balance de agua y productividad de un pastizal rolado en Chacharramendi, La Pampa. Publicación Técnica Nº 50, EEA Anguil “Ing. Agr Guillermo Covas”, INTA. p 20.

Anriquez A. & A. Albanesi. 2009. Rolados y suelos: El rolado y la materia organica. Pp: 37-47. En: Implementación de Rolados, Kunts C. Ed. Sitio Argentino de Producción Animal. 130 p.

Anriquez A., R. Ledesma, C. Kunst & A. Albanesi. 2009. Rolados y suelos: el rolado y el agua en los suelos. Pp: 28-36. En: Implementación de Rolados, Kunts C. Ed. Sitio Argentino de Producción Animal. 130 p.

Bóo R.M. 1990. Algunos aspectos a considerar en el empleo del fuego. Revista de la Facultad de Agronomía. UNLPam. 5:63-80

Bruno G., E. Del Viso, R. Gaglioli & H. D. Estelrich. 1985. Disponibilidad y producción forrajera de un pastizal de *Poa ligularis* en la región de las colinas de La Pampa. Actas 1ras. Jorn. Biol. Y 2das. Jorn. Geol. La Pampa. Ser. Suplem. UNLPam 1:1-5.

Cano E. 1988. Pastizales naturales de La Pampa. Tomo I: Descripción de las especies mas importantes. Convenio AACREA – Provincia de La Pampa. 425 p.

Cano E. 1969. Dinámica de la vegetación de un pastizal de planicie de La Pampa. RIA (INTA) Serie 2 Vol. VI (12):193-223

Cano E., B. Fernández & M. Montes. 1980. La vegetación de la provincia de La Pampa y carta de vegetación 1:500000. En: Inventario integrado de los recursos naturales. Gob. Prov. La Pampa, INTA, UNLPam. 493 p.

Cano E., C. Chirino, E. Morici & B. Fernández. 1990. Estados de condición del sitio pastizal de gramíneas bajas de planicie presentes en el Departamento Loventué-La Pampa. Rev. Fac. Agron. UNLPam 5:83-108.

Diaz S., I. Noy-Meir & M. Cabido. 2001. Can grazing response of herbaceus plant by predicted from simple vegetative traits?. J. Applied Ecol. 38:497-508

Distel R.A. & R.M. Boo. 1995. Vegetation states and transitions in temperate semiarid rangelands of Argentina. Presented at the Fifth International Rangeland Congress (Salt Lake City, Utah, July 1995). Pp118-119.

Dussart E., P. Lerner & R. Peinetti. 1998. “Long-term dynamics of two populations of *Prosopis caldenia* Burkart”. Journal of Range Management 51: 685-691.

Cordoba L., E. Adema, F. Babinec, N. Rodriguez & R. Ernst. 2008. Control químico de arbustos para prevenir la destrucción de alambrados por incendios. Publicación técnica Nº 75. EEA INTA Anguil. 39 p.

Echeverría J.C. 2006. Control químico del chañar en San Luis. 1º Jornada de actualización técnica en manejo y control del renoval. INTA EEA Santiago del Estero – Centro Regional Tucuman Santiago del Estero, Santiago del Estero: 119-128.

Ernst, R., V.D. Vásquez, A.D. Docampo, G. López & E. Morici. 2015. “Comparación del banco de semillas germinable de un área rolada y otra sin rolar del Caldenal”. 23 al 26 de Septiembre de 2015. XXXV Jornada Argentina de Botánica y V Congreso Latinoamericano del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas. Pág. 112. Salta. Argentina. ISSN impreso 0373-580.

Estelrich H.D. & E. Cano. 1985. Disponibilidad forrajera y determinación de la capacidad de carga de un bosque de *Prosopis caldenia*. Rev. Asoc. Pampeana de Profesionales Cs. Naturales. Actas I Jornadas de Biología y II Jornadas de Geología de La Pampa. UNLPam. N0 1. 30-35.

Estelrich H.D., B. Fernández, E.F. Morici & C.C. Chirino. 2005b. Persistencia de los cambios provocados por los fuegos controlados en diferentes estructuras del bosque de caldén (*Prosopis caldénia* Burk). Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam. 16(1/2):23-30.

Estelrich H.D., C.C. Chirino, E.F Morici & B. Fernandez. 2005a. Dinámica de áreas naturales cubiertas por bosque y pastizal en la región semiárida central de Argentina - Modelo Conceptual. En: Heterogeneidad de la Vegetación. Libro homenaje a Rolando Leon (Paruelo J., M. Oesterheld & M. Aguiar Eds.).

Estelrich H.D.; C.C. Chirino; B. Fernández & E. Morici. 1997. Cambios florísticos en los sistemas naturales de la Región Semiárida Pampeana por efecto del pastoreo. XVIII Reunión Argentina de Ecología. Bs. As. Argentina . Pp. 43.

Fernández B., E. Morici, H. Estelrich & C. Chirino. 2001. Efecto de la quema controlada sobre la estructura de la comunidad y el banco de semillas de especies graminosas en el bosque de caldén. Actas 1º Congr. Nac. Sobre Manejo de Pastizales Naturales. San Cristóbal. Santa Fe. Pp. 65-66.

Guardo D., E. Morici & C. Perez. 1985. Disponibilidad de un pastizal de *Digitaria californica* en un periodo de crecimiento. I Jornadas de Biología y I de Geología de La Pampa. UNLPam. Ser. Supl. 1:12-18.

Hepper E.N., D.E. Buschiazzo, G.G. Hevia, A.M. Urioste & L.E. Antón, 2006. Clay mineralogy, cations exchange capacity and specific surface area of loess soils with different volcanic ash contents. Geoderma 135:216-223.

Iglesias D.H., T.E. Rucci, E.O. Frank, E. Llorens, D. Buschiazzo, R. De Giuseppe, M.Obieta & O. Salvadori. 1990. Modificaciones producidas por incendios naturales y programados sobre el estrato leñoso y herbáceo de la zona central de la provincia de La Pampa. Revista de la Facultad de Agronomía. UNLPam. 5: 117-125.

Kunst C. & S. Bravo. 2003. Fuego, calor y temperatura. En: Fuego en los ecosistemas argentinos Kunst C.R., S. Bravo & J.L. Panigatti (Eds.). INTA Santiago del Estero.

Kunst C. & R. Ledesma. 2009. Manejo de Pasturas en Rolados. Rolados y dinámica de la oferta y composición botánica del forraje. Pp: 96-98. En: Implementación de Rolados, Kunts C. (Ed.). Sitio Argentino de Producción Animal. 130 p.

Kunst C., M. Cornacchionne & R. Ledesma. 2009. rolados y otros métodos para habilitación de ganadería Pp: 57-64. En: Implementación de Rolados, Kunts C. Ed. Sitio Argentino de Producción Animal. 130 p.

Kunst C., R. Ledesma & M. Navall. 2008. RBI: Rolado Selectivo de Baja Intensidad. Ediciones INTA, pp. 139.

Kunst C., R. Ledesma, M. Basan Nickish, G. Angella, D. Prieto & J. Godoy. 2003. Rolado de 'fachinales' e infiltración de agua en suelo en el Chaco Occidental (Argentina). RIA, 32 (3): 105-126

Lerner P.D. 2004. El Caldenal: dinámica de poblaciones de caldén y procesos de expansión de leñosas en pastizales, en: Arturi M.F., J.L. Frangi & J.F. Goya (Eds.), Ecología y manejo de los bosques de Argentina, La Plata, Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.

Loydi A., K. Lohse, A. Otte, T.W. Donath & R.L. Eckstein. 2013. Distribution and effects of tree leaf litter on vegetation composition and biomass in a forest–grassland ecotone. *J Plant Ecol* 7(3): 264–275

Llorens E.M. & E.O. Frank. 1999. Aspectos ecológicos del estrato herbaceo del caldénal y estrategias para su manejo. AACREA, Subsecretaría de Asuntos Agrarios-Prov. de La Pampa,E.E.A. INTA Anguil. 81 p.

LLorens E.M. & E.O. Frank. 2003. El fuego en la provincia de La Pampa. En: Kunst C.R., S. Bravo & J.L. Panigatti (Eds.), Fuego en los ecosistemas argentinos. INTA Santiago del Estero. pp 259-268.

Llorens E.M. 1995. The state and transition model applied to the herbaceous layer of the Caldén Forest, Argentina. A viewpoint. Presented at the Fifth International Rangeland Congress (Salt Lake City, Utah, July 1995).

Milchunas D.G., O.E. Sala & W.K. Lauenroth. 1988. A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. Am. Nat., 132:87-106.

Morici E.F.A., V. Domenech García, G. Gómez Castro, A. Sáenz, & E. Cerqueira. 2003. Características estructurales del estrato graminoso del bosque de caldén. Actas del 2° Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales Naturales. 6° Jornada Regional. IV° Reunión de la Asociación Argentina de *Prosopis*. San Cristóbal. Santa Fé. 8-10 de Octubre 2003. p 46

Nazar Anchorena J.B. 1988. Manejo de Pastizales naturales de La Pampa. Tomo II. Convenio AACREA – Provincia de La Pampa. 425 p.

Peláez D., R.M. Boo, O.R. Elia & M.D. Mayor. 1991. Relaciones Competitivas entre *Pictochetium napostaense* (Speg) Hachel. y *Stipa tenuis* Phil. y plántulas de *Prosopis caldenia* Burk. X Reunión Nacional. CAPERAS. Pp. 155-156.

Prieto S.E. & J.C. Ves Losada. 2006. Efecto del fuego sobre la fauna edáfica en un área del Caldénal de la provincia de La Pampa, Argentina. INTA. Publicación Técnica Nº 68. 1-26.

SAyDS 2006, GEO Argentina 2004 : perspectivas del medio ambiente de la Argentina. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA); Ministerio de Salud y Ambiente

Sala O.E., R.A. Golluscio, W.K. Lauenroth & P.A. Roset. 2012. Contrasting nutrient-capture strategies in shrubs and grasses of a Patagonian arid ecosystem. Journal of Arid Environments 82: 130-135

Shanon C.E. & W. Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. Illinois University Press, Princeton, New Jersey.

Trucco R.A., E.N. Hepper, A.M. Urioste, V. Belmonte & D.E. Buschiazzo. 2006. Evolución de algunas propiedades químicas de suelos afectados por quemas controladas. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Salta - Jujuy, Argentina. Trabajo completo publicado en C D. Actas p. 125.

ANEXO I

ANALISIS ESTADISTICOS

HUMEDAD DEL SUELO

Nueva tabla: 04/12/2015 - 09:28:52

Análisis de la varianza

Fechas	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
1,00	Humedad	30	0,51	0,41	17,19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	42,78	5	8,56	4,99	0,0028
Tratamiento	10,40	1	10,40	6,07	0,0213
Profundidad	30,90	2	15,45	9,01	0,0012
Tratamiento*Profundidad	1,48	2	0,74	0,43	0,6534
Error	41,13	24	1,71		
Total	83,91	29			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,98658

Error: 1,7137 gl: 24

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
2,00	7,03	15	0,34	A	
1,00	8,20	15	0,34		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,46203

Error: 1,7137 gl: 24

Profundidad	Medias	n	E.E.		
1,00	6,27	10	0,41	A	
2,00	7,85	10	0,41		B
3,00	8,72	10	0,41		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,55996

Error: 1,7137 gl: 24

Tratamiento	Profundidad	Medias	n	E.E.			
2,00	1,00	6,00	5	0,59	A		
1,00	1,00	6,55	5	0,59	A	B	
2,00	2,00	7,08	5	0,59	A	B	C
2,00	3,00	8,01	5	0,59	A	B	C
1,00	2,00	8,63	5	0,59		B	C
1,00	3,00	9,44	5	0,59			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Fechas	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
2,00	Humedad	30	0,37	0,23	28,15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	92,30	5	18,46	2,76	0,0416
Tratamiento	84,59	1	84,59	12,65	0,0016
Profundidad	0,71	2	0,36	0,05	0,9481
Tratamiento*Profundidad	6,99	2	3,50	0,52	0,5995
Error	160,51	24	6,69		
Total	252,81	29			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,94895

Error: 6,6878 gl: 24

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
2,00	7,51	15	0,67	A	
1,00	10,87	15	0,67		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,88819

Error: 6,6878 gl: 24

Profundidad	Medias	n	E.E.	
1,00	9,03	10	0,82	A
2,00	9,14	10	0,82	A
3,00	9,40	10	0,82	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,05711

Error: 6,6878 gl: 24

Tratamiento	Profundidad	Medias	n	E.E.	
2,00	2,00	6,78	5	1,16	A
2,00	1,00	7,61	5	1,16	A
2,00	3,00	8,13	5	1,16	A
1,00	1,00	10,45	5	1,16	A
1,00	3,00	10,66	5	1,16	A
1,00	2,00	11,49	5	1,16	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Fechas	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
3,00	Humedad	30	0,55	0,45	23,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	46,91	5	9,38	5,80	0,0012
Tratamiento	30,35	1	30,35	18,77	0,0002
Profundidad	15,93	2	7,97	4,93	0,0161
Tratamiento*Profundidad	0,62	2	0,31	0,19	0,8271
Error	38,81	24	1,62		
Total	85,72	29			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,95834

Error: 1,6170 gl: 24

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
2,00	4,37	15	0,33	A	
1,00	6,39	15	0,33		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,42019

Error: 1,6170 gl: 24

Profundidad	Medias	n	E.E.		
2,00	4,82	10	0,40	A	
1,00	4,91	10	0,40	A	
3,00	6,41	10	0,40		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,48669

Error: 1,6170 gl: 24

Tratamiento	Profundidad	Medias	n	E.E.		
2,00	1,00	3,86	5	0,57	A	
2,00	2,00	4,01	5	0,57	A	
2,00	3,00	5,25	5	0,57	A	B
1,00	2,00	5,64	5	0,57	A	B
1,00	1,00	5,96	5	0,57	A	B
1,00	3,00	7,56	5	0,57		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Fechas	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
4,00	Humedad	30	0,31	0,16	19,43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	14,74	5	2,95	2,11	0,0991
Tratamiento	6,68	1	6,68	4,78	0,0387
Profundidad	6,55	2	3,27	2,34	0,1178
Tratamiento*Profundidad	1,51	2	0,76	0,54	0,5887
Error	33,55	24	1,40		
Total	48,29	29			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,89104

Error: 1,3979 gl: 24

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
2,00	5,61	15	0,31	A	
1,00	6,56	15	0,31		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,32045

Error: 1,3979 gl: 24

Profundidad	Medias	n	E.E.	
1,00	5,43	10	0,37	A
3,00	6,39	10	0,37	A
2,00	6,44	10	0,37	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,31206

Error: 1,3979 gl: 24

Tratamiento	Profundidad	Medias	n	E.E.	
2,00	1,00	4,94	5	0,53	A
2,00	2,00	5,70	5	0,53	A
1,00	1,00	5,91	5	0,53	A
2,00	3,00	6,20	5	0,53	A
1,00	3,00	6,58	5	0,53	A
1,00	2,00	7,18	5	0,53	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

ESTRATO GRAMINOSO HERBACEO X FECHAS

Vegetación

Tratamiento	Variable	N	R²	R² Aj	CV
1,00	Vegetación	300	0,14	0,13	38,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	23905,73	3	7968,58	15,50	<0,0001
Fecha	23905,73	3	7968,58	15,50	<0,0001
Error	152208,93	296	514,22		
Total	176114,67	299			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=9,52924

Error: 514,2194 gl: 296

Fecha	Medias	n	E.E.			
4,00	45,01	75	2,62	A		
1,00	56,12	75	2,62		B	
2,00	64,44	75	2,62		B	C
3,00	68,29	75	2,62			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Broza

Tratamiento	Variable	N	R²	R² Aj	CV
1,00	Broza	300	0,15	0,14	68,76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	25203,37	3	8401,12	17,79	<0,0001
Fecha	25203,37	3	8401,12	17,79	<0,0001
Error	139792,43	296	472,27		
Total	164995,80	299			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=9,13230

Error: 472,2717 gl: 296

Fecha	Medias	n	E.E.			
3,00	20,91	75	2,51	A		
2,00	28,03	75	2,51	A	B	
1,00	31,43	75	2,51		B	
4,00	46,05	75	2,51			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Suelo

Tratamiento	Variable	N	R²	R² Aj	CV
1,00	Suelo	299	0,03	0,02	158,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1976,33	3	658,78	2,80	0,0401
Fecha	1976,33	3	658,78	2,80	0,0401
Error	69335,74	295	235,04		
Total	71312,07	298			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=6,45328

Error: 235,0364 gl: 295

Fecha	Medias	n	E.E.		
2,00	5,60	75	1,77	A	
4,00	9,73	74	1,78	A	B
3,00	10,87	75	1,77	A	B
1,00	12,56	75	1,77		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Vegetación

Tratamiento	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
2,00	Vegetación	300	0,08	0,07	53,44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	15496,52	3	5165,51	8,15	<0,0001
Fecha	15496,52	3	5165,51	8,15	<0,0001
Error	187699,92	296	634,12		
Total	203196,44	299			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=10,58207

Error: 634,1214 gl: 296

Fecha	Medias	n	E.E.		
1,00	38,95	75	2,91	A	
2,00	41,05	75	2,91	A	
3,00	53,40	75	2,91		B
4,00	55,09	75	2,91		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Broza

Tratamiento	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
2,00	Broza	300	0,03	0,02	65,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6291,00	3	2097,00	3,14	0,0256
Fecha	6291,00	3	2097,00	3,14	0,0256
Error	197456,40	296	667,08		
Total	203747,40	299			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=10,85361

Error: 667,0824 gl: 296

Fecha	Medias	n	E.E.	
4,00	34,64	75	2,98	A
3,00	35,67	75	2,98	A
1,00	43,61	75	2,98	A
2,00	44,87	75	2,98	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Suelo

Tratamiento	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
2,00	Suelo	299	0,02	0,01	162,35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2618,26	3	872,75	2,23	0,0843
Fecha	2618,26	3	872,75	2,23	0,0843
Error	115232,70	295	390,62		
Total	117850,96	298			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,31936

Error: 390,6193 gl: 295

Fecha	Medias	n	E.E.		
4,00	8,27	75	2,28	A	
3,00	10,93	75	2,28	A	
2,00	13,23	75	2,28	A	
1,00	16,32	74	2,30	A	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Vegetación

Tratamiento	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
3,00	Vegetación	300	0,16	0,15	50,91

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	37009,32	3	12336,44	18,56	<0,0001
Fecha	37009,32	3	12336,44	18,56	<0,0001
Error	196706,08	296	664,55		
Total	233715,40	299			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=10,83296

Error: 664,5476 gl: 296

Fecha	Medias	n	E.E.		
2,00	36,68	75	2,98	A	
4,00	43,13	75	2,98	A	
3,00	58,91	75	2,98		B
1,00	63,83	75	2,98		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Broza

Tratamiento	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
3,00	Broza	300	0,15	0,14	60,44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	33774,25	3	11258,08	17,15	<0,0001
Fecha	33774,25	3	11258,08	17,15	<0,0001
Error	194335,33	296	656,54		
Total	228109,59	299			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=10,76749

Error: 656,5383 gl: 296

Fecha	Medias	n	E.E.			
1,00	32,32	75	2,96	A		
3,00	33,51	75	2,96	A		
4,00	45,16	75	2,96		B	
2,00	58,59	75	2,96			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Suelo

Tratamiento	Variable	N	R²	R² Aj	CV
3,00	Suelo	300	0,04	0,03	208,09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2677,64	3	892,55	4,20	0,0062
Fecha	2677,64	3	892,55	4,20	0,0062
Error	62861,36	296	212,37		
Total	65539,00	299			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=6,12393

Error: 212,3695 gl: 296

Fecha	Medias	n	E.E.		
1,00	4,13	75	1,68	A	
2,00	4,73	75	1,68	A	
3,00	7,44	75	1,68	A	B
4,00	11,71	75	1,68		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

LEÑOSAS X FECHAS

Análisis de la varianza

Tratamiento	Variable	N	R²	R² Aj	CV
1,00	Leñosas	30	0,05	0,01	88,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	133,56	1	133,56	1,37	0,2514
Fecha	133,56	1	133,56	1,37	0,2514
Error	2726,73	28	97,38		
Total	2860,29	29			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=7,38121

Error: 97,3832 gl: 28

Fecha	Medias	n	E.E.	
2,00	9,07	15	2,55	A
1,00	13,29	15	2,55	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Tratamiento	Variable	N	R²	R² Aj	CV
2,00	Leñosas	30	0,21	0,18	112,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1476,17	1	1476,17	7,43	0,0109
Fecha	1476,17	1	1476,17	7,43	0,0109
Error	5560,50	28	198,59		
Total	7036,67	29			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=10,54056

Error: 198,5893 gl: 28

Fecha	Medias	n	E.E.		
1,00	5,51	15	3,64	A	
2,00	19,54	15	3,64		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Tratamiento	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
3,00	Leñosas	30	0,17	0,14	42,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2603,08	1	2603,08	5,65	0,0245
Fecha	2603,08	1	2603,08	5,65	0,0245
Error	12890,71	28	460,38		
Total	15493,78	29			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=16,04889

Error: 460,3824 gl: 28

Fecha	Medias	n	E.E.		
1,00	41,21	15	5,54	A	
2,00	59,84	15	5,54		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

REBROTES X FECHAS

Análisis de la varianza

Tratamiento	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
1,00	Rebrotes	30	0,10	0,07	64,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	66,01	1	66,01	3,03	0,0926
Fecha	66,01	1	66,01	3,03	0,0926
Error	609,59	28	21,77		
Total	675,60	29			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,49001

Error: 21,7712 gl: 28

Fecha	Medias	n	E.E.	
2,00	5,80	15	1,20	A
1,00	8,77	15	1,20	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Tratamiento	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
2,00	Rebrotes	30	0,37	0,34	53,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	792,59	1	792,59	16,17	0,0004
Fecha	792,59	1	792,59	16,17	0,0004
Error	1372,03	28	49,00		
Total	2164,62	29			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,23586

Error: 49,0011 gl: 28

Fecha	Medias	n	E.E.		
1,00	7,98	15	1,81	A	
2,00	18,26	15	1,81		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Tratamiento	Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
3,00	Rebrotes	30	sd	sd	sd

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	1	0,00	sd	sd
Fecha	0,00	1	0,00	sd	sd
Error	0,00	28	0,00		
Total	0,00	29			

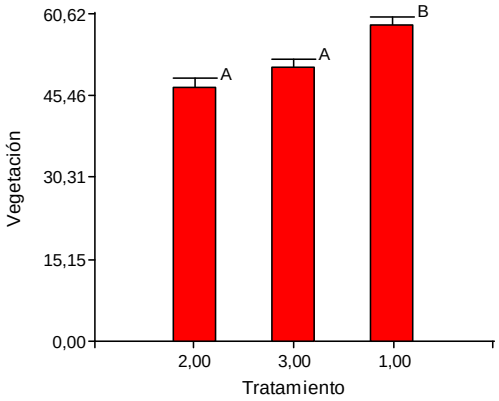
ESTRATO GRAMINOSO – HERBACEO X FECHAS

Vegetación

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Vegetación	900	0,03	0,03	50,20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	20232,36	2	10116,18	14,80	<0,0001
Tratamiento	20232,36	2	10116,18	14,80	<0,0001
Error	613026,50	897	683,42		
Total	633258,86	899			



Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,01012

Error: 683,4186 gl: 897

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
2,00	47,12	300	1,51	A	
3,00	50,64	300	1,51	A	
1,00	58,47	300	1,51		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Broza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Broza	900	0,03	0,03	68,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

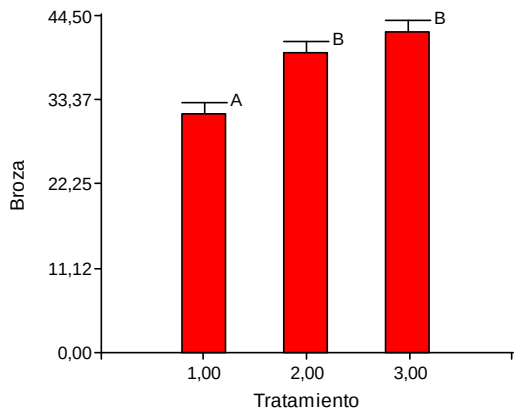
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	18919,82	2	9459,91	14,22	<0,0001
Tratamiento	18919,82	2	9459,91	14,22	<0,0001
Error	596852,78	897	665,39		
Total	615772,60	899			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,94359

Error: 665,3877 gl: 897

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
1,00	31,60	300	1,49	A	
2,00	39,70	300	1,49		B
3,00	42,39	300	1,49		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)



Suelo

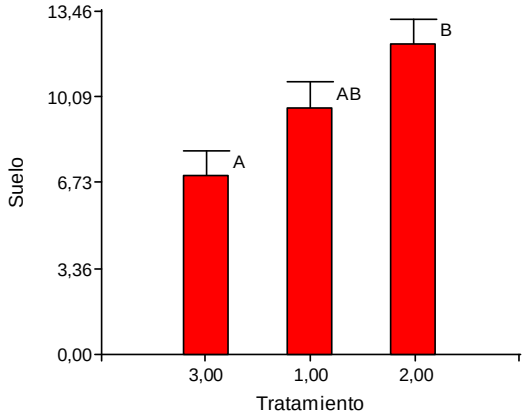
Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Suelo	898	0,02	0,01	175,38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4005,72	2	2002,86	7,04	0,0009
Tratamiento	4005,72	2	2002,86	7,04	0,0009
Error	254702,03	895	284,58		
Total	258707,75	897			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,23663

Error: 284,5833 gl: 895

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
3,00	7,00	300	0,97	A	
1,00	9,69	299	0,98	A	B
2,00	12,17	299	0,98		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)