

COMPARACIÓN ENTRE PASTOREO CONTINUO Y PASTOREO ROTATIVO EN UN PASTIZAL ROLADO DEL CENTRO-OESTE DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA

*Comparison between continuous grazing and rotational grazing on roller chopped
rangeland in central-west of La Pampa province*

Adema, E.O.¹, Butti, L.R.¹, Babinec, F.J.^{1,2} y Distel, R.A.^{3,4}

EEA Anguil, INTA. Fac. Agronomía, UNLPam
Depto. Agronomía, UNSur. CERZOS-CCT CONICET Bahía Blanca

Resumen

El control de la vegetación leñosa y la planificación posterior del pastoreo contribuirían a aumentar la oferta forrajera y la producción ganadera en pastizales del centro-oeste de la Provincia de La Pampa. El objetivo del presente trabajo fue comparar la dinámica de la vegetación y la respuesta animal en un pastizal rolado sometido a pastoreo continuo o pastoreo rotativo. La mitad de un área rolada de 200 ha se pastoreo en forma continua con terneros de recría, mientras que la restante mitad se pastoreo en forma rotativa mediante la subdivisión en cuatro parcelas de igual tamaño. Durante cuatro años consecutivos se realizaron mediciones sobre la vegetación (herbácea y leñosa) y sobre los animales. En el periodo de mediciones las lluvias fueron similares o superaron (hasta en un 33%) el promedio anual histórico. Los tratamientos de pastoreo (continuo y rotativo) no afectaron en forma diferencial la densidad de las gramíneas perennes palatables ni la cobertura de la vegetación leñosa, mientras que la disponibilidad de MS total promedio de las gramíneas perennes palatables fue mayor bajo pastoreo rotativo. La ganancia diaria de peso promedio de los animales en recría fue mayor bajo pastoreo continuo en tres de los cuatro años de medición. En el contexto del presente estudio no se expresó el potencial esperado del pastoreo rotativo, lo cual se interpreta en relación a las lluvias y a una potencial desmejora de la calidad del forraje consumido por los animales.

Palabras clave. pastizales naturales, ecotono Caldenal-Monte Occidental, manejo del pastoreo, control de plantas leñosas, recría vacuna.

Summary

Woody vegetation control and further grazing planning would contribute to increase forage availability and livestock production in rangelands of central-west La Pampa Province. The objective of present study was to compare vegetation dynamics and animal response in a roller chopped rangeland under continuous or rotational grazing. Half of a roller chopped area of 200 ha was continuously grazed with stocker cattle, whereas the other half was rotationally grazed through its subdivision in four parcels of equal size. Vegetation (herbaceous, woody) and animal responses were measured along a period of four consecutive years. During the study period rainfall was similar or above (up to 33%) the long-term annual average. Grazing treatments (continuous, rotational) did not differentially affect either density of palatable perennial grasses or woody vegetation cover, whereas total average DM availability of palatable perennial grasses was higher under rotational grazing. Average daily gain of stockers was higher under continuous grazing on three out of the four years of measurements. The expected potential of rotation grazing was not expressed under the context of present study, which is interpreted in relation to rainfall conditions and a potential deterioration in forage quality ingested by animals.

Key words. rangelands, Caldenal-Monte Occidental ecotone, grazing management, woody plant control, stocker cattle.

Recibido: mayo 2015
Aceptado: mayo 2016

1. EEA Anguil, INTA. Ruta Nacional N° 5 Km. 580 - 6326 Anguil, La Pampa. adema.edgardo@inta.gob.ar
2. Fac. Agronomía, UNLPam
3. Depto. Agronomía, UNSur
4. CERZOS-CCT CONICET Bahía Blanca

Introducción

La invasión de especies leñosas en áreas ocupadas por pastizales naturales ha ocurrido en diversas partes del mundo en la última centuria (Archer, 2010). Los estudiosos del tema lo atribuyen a diversas causas, entre ellas al sobrepastoreo, cambio en el régimen de fuegos naturales, cambio climático y disminución de herbívoros ramoneadores (Naito y Cairns, 2011). Dado el potencial impacto negativo de la vegetación leñosa sobre la vegetación herbácea y, consecuentemente, sobre la producción ganadera, a nivel técnico comúnmente se sugiere la implementación del algún método de control de las especies leñosas invasoras (Adema et al, 2004). Complementariamente corresponde implementar una estrategia de pastoreo que favorezca la vegetación herbácea en detrimento de la regeneración de la vegetación leñosa (Distel, 2013).

Disturbada la vegetación leñosa, la estrategia de pastoreo debería apuntar al mejoramiento de la condición del pastizal. Asumiendo desequilibrios temporales entre el crecimiento de los pastos y el consumo animal, lo cual ocurre con alta frecuencia en pastizales de regiones áridas y semiáridas (Noy-Meir, 1975), la táctica para realizar la estrategia antes señalada comprendería el mantenimiento de un nivel mínimo de biomasa residual (Briske, 1991; Kahn et al, 2010) y el otorgamiento de periodos de descanso apropiados para la recuperación del área foliar perdida por defoliación (Ferraro y Oesterheld, 2002). Ambos requerimientos (biomasa residual mínima y descansos apropiados) podrían satisfacerse mediante un sistema de pastoreo rotativo.

En nuestro país el aumento de cobertura y densidad de especies leñosas ha ocurrido en pastizales destinados a la producción ganadera en las Provincias Fitogeográficas del Chaco, Espinal, Monte y Patagonia (Brown et al, 2006). Los pastizales en estudio, ubicados en el centro-oeste de la Provincia de La Pampa, no constituyen una excepción. La arbustización de los campos ganaderos de la región (Dussart et al, 1999) impacta en forma negativa sobre la oferta forrajera y la receptividad de los pastizales, atentando contra la sostenibilidad ecológica, económica y social. El objetivo del presente trabajo fue comparar la dinámica de la vegetación y la respuesta animal en un pastizal rolado sometido a pastoreo continuo o pastoreo rotativo.

Materiales y Métodos

Descripción del sitio de estudio

El sitio de estudio está ubicado 11 km al oeste de la localidad de Chacharramendi, Provincia de La Pampa (37° 22' S, 65° 46' O), en el Campo Anexo Chacharramendi de la EEA Anguil, INTA. El clima de la región es templado, semiárido. La temperatura media anual del aire es de 15,5 °C. La precipitación anual promedio del periodo 1961-2013 fue de 493 mm, presentando elevada variabilidad intra e interanual (CV=31%). Los valores extremos del periodo fueron 186 mm (2003) y 916 mm (1992). Las lluvias durante la

época primavero-estival representan cerca del 75% del total anual. La evapotranspiración potencial anual promedio del periodo 1976-1996 fue de 789 mm, generando un déficit hídrico anual promedio cercano a los 300 mm. Durante el periodo de mediciones las precipitaciones se registraron en el mismo sitio de estudio.

Los suelos predominantes son los Ustipsamientos típicos y Ustortentes típicos (Jacyszyn y Pittaluga, 1977). La textura varía desde arenosa franca fina a franco arenosa fina. La profundidad está delimitada por un horizonte petrocálcico, aunque comúnmente no presenta limitaciones para el crecimiento de las raíces.

Fitogeográficamente la región pertenece al ecotono Caldénal-Monte Occidental (Cabrera, 1976). La fisonomía de la vegetación es la de un arbustal mixto perennifolio, con árboles de algarrobo (*Prosopis flexuosa*) y caldén (*Prosopis caldenia*) aislados. En el periodo marzo-noviembre se registra el mayor crecimiento de la vegetación herbácea. Las especies más abundantes en el estrato arbustivo son chilladora (*Chiquiraga erinacea*), jarilla (*Larrea divaricata*), piquillín (*Condalia microphylla*), manca caballo (*Prosopidastrum globosum*), renuevos de algarrobo, alpataco (*Prosopis alpataco*) y piquillín de víbora (*Lycium gillesianum*). Menos abundantes son el yaoyín (*Lycium chilense*), mata negra (*Brachyclados lycioides*), pichanilla (*Cassia aphylla*) y solupe (*Ephedra ocheatra*). En el estrato herbáceo dominan la flechilla fina (*Nasella tenuis*), flechilla negra (*Piptochaetium napostaense*) y unquillo (*Poa ligularis*), todas especies de crecimiento otoño-invierno-primaveral. Las especies de crecimiento primavero-estival son menos abundantes y esta representadas por el pasto plateado (*Digitaria californica*), plumerito (*Trichloris crinita*), gramilla cuarentona (*Sporobolus criptandrus*), flechilla crespá (*Aristida subulata*) y cola de zorro (*Setaria leucopila*). Todas las especies herbáceas mencionadas conforman lo que de aquí en adelante se refiere como "gramíneas perennes palatables".

Rolado

Entre septiembre y octubre de 2008 se realizó un disturbio selectivo de arbustos en un área de 200 ha, manteniendo intacto los árboles de algarrobo y caldén. El lugar se eligió procurando la mayor homogeneidad posible en cuanto a suelo, topografía, vegetación e historia de pastoreo. El control arbustivo se realizó mediante una pasada de un rolo cortador de 7000 kg de peso, 1,5 m de diámetro, 2,5 m de ancho de labor y 14 hileras de cuchillas alternadas de 15 cm de alto, tirado con un tractor de 150 HP. Luego del rolado selectivo e iniciada la sucesión secundaria del pastizal con predominio de especies herbáceas anuales, en diciembre de 2008 se realizó un pastoreo de alta intensidad. Las 200 ha roladas se pastorearon con 92 vacas secas durante 40 días, con el fin de disminuir la competencia de las especies anuales y favorecer el establecimiento de gramíneas perennes. Posteriormente el área se mantuvo excluida del ganado hasta el inicio del ensayo de pastoreo.

Estrategias de pastoreo

El área rodada se dividió en dos potreros de 100 ha, uno de las cuales elegido al azar se subdividió en cuatro parcelas de 25 ha. El potrero sin subdivisiones se pastoreo en forma continua (pastoreo continuo), mientras que las parcelas del potrero subdividido se pastorearon de manera intermitente (pastoreo rotativo). En este último caso el esquema de rotación siguió un orden fijo, y se mantuvo del mismo modo cada año que se repitió el experimento. La parcela de inicio del pastoreo en cada año fue la posterior a la última consumida en año anterior. El tiempo de pastoreo de cada parcela se ajustó en función de un nivel de utilización de aproximadamente el 70% de la disponibilidad total de MS de gramíneas perennes palatables medida previamente al ingreso de los animales a la parcela. Cada parcela se pastoreó dos veces por año. El tiempo de utilización promedio fue de 37 días.

El diseño careció de réplicas verdaderas. No obstante, por la larga experiencia de trabajo en el sitio de estudio podemos sostener con alto grado de confianza que la homogeneidad del área experimental, la representatividad de la comunidad en estudio, el tamaño de los potreros (100 ha), y repetición en el tiempo del experimento (4 años) tienden a minimizar el potencial impacto de error sistemático debido a la carencia de réplicas verdaderas.

Mediciones sobre los animales

Entre mediados de marzo y mediados de abril de 2010, 2011, 2012 y 2013 ingresaron terneros de raza británica a cada tratamiento de pastoreo. La cantidad de terneros por tratamiento varió entre 20 y 23, y el peso de entrada varió entre 142 kg y 200 kg. El periodo de recría varió entre ocho y nueve meses. Los terneros de ambos tratamientos de pastoreo (continuo y rotativo) se pesaron en cada ocasión de cambio de parcela en el pastoreo rotativo, corrigiendo el peso por un factor de desbaste promedio del 5% (calculado a partir de las diferencias de peso de animales recién encerrados y el peso al cabo de 24 hs de encierre, sin restricción en el consumo de agua). Cada año, con los pesos obtenidos se calculó la ganancia diaria de peso promedio por animal a intervalos de tiempo y para todo el periodo de recría.

Mediciones sobre la vegetación

Las mediciones sobre la vegetación se realizaron anualmente (diciembre) en 4 transectas permanentes de 30 m de longitud (repeticiones) ubicadas al azar en cada tratamiento de pastoreo (1 transecta por cada subdivisión de 25 ha en el pastoreo rotativo), excepto la disponibilidad de MS de las gramíneas perennes palatables (cuya estimación se describe más abajo). La cobertura de las plantas leñosas y el grado de inaccesibilidad al pastoreo por impedimento físico causado por las mismas se determinó mediante el método de intercepción lineal (Canfield, 1941, modificado por Rucci et al, 1990). Este método considera inaccesible la proyección de las partes de las plantas leñosas ubicadas a una altura de 20 cm del

suelo, que impiden a los animales pastorear. Por otra parte, la densidad de las gramíneas perennes palatables se determinó utilizando unidades de muestreo de 0,5 x 0,5 m, distribuidas a lo largo de las transectas a intervalos de 3 m. La disponibilidad de MS total de gramíneas perennes palatables en ambos tratamientos de pastoreo (continuo y rotativo) se evaluó mediante cortes, inmediatamente antes de cada cambio de parcela en el tratamiento de pastoreo rotativo. Los cortes se realizaron a ras del suelo sobre 20 unidades de muestreo (0,5 x 1 m) por tratamiento de pastoreo, las que se distribuyeron al azar en el potrero con pastoreo continuo y en la parcela a la cual los animales estaban prontos a ingresar en el tratamiento de pastoreo rotativo. El material cosechado se secó en estufa hasta peso constante, sin diferenciar en compartimientos (verde, seco reciente, seco del año anterior). Para cada tratamiento los valores obtenidos a lo largo del periodo de pastoreo anual se promediaron, con el fin de comparar el pastoreo continuo y el pastoreo rotativo en una variable crítica para el funcionamiento del pastizal y la producción animal. No obstante, cabe reconocer una limitante en la estimación de la disponibilidad de MS total de gramíneas perennes palatables anteriormente descrita, ya que representó un muestreo más intenso para el tratamiento de pastoreo rotativo (20 parcelas/25 ha) que para el tratamiento de pastoreo continuo (20 parcelas/100 ha).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de las mediciones realizadas sobre la vegetación y sobre los animales se analizaron mediante modelos mixtos, considerando un diseño completamente aleatorizado. Los modelos incluyeron tratamiento de pastoreo (continuo, rotativo), año y tratamiento x año como efectos fijos, y unidades de muestreo de la vegetación y animales como efectos aleatorios. Las comparaciones de medias entre tratamientos se hicieron mediante contrastes usando PROC MIXED con la opción SLICE de la sentencia LSMEANS (SAS Institute, 2008).

Resultados

Precipitaciones

En 2008 y 2009 el total de lluvias (334 mm y 360 mm, respectivamente) estuvo por debajo del promedio histórico (493 mm), mientras que en el periodo 2010 a 2013 la precipitación anual (557 mm, 582 mm, 658 mm y 502 mm, respectivamente) estuvo por encima del promedio histórico (Figura 1).

Dinámica de la vegetación leñosa

La cobertura de la vegetación leñosa (Figura 2) y el grado de inaccesibilidad al pastoreo causado por la misma (Figura 3) aumentaron con el paso de tiempo ($p < 0,01$), sin diferenciarse ($p > 0,05$) en función del tratamiento de pastoreo. En estas variables no se observó interacción entre tratamiento de pastoreo y tiempo ($p > 0,05$).

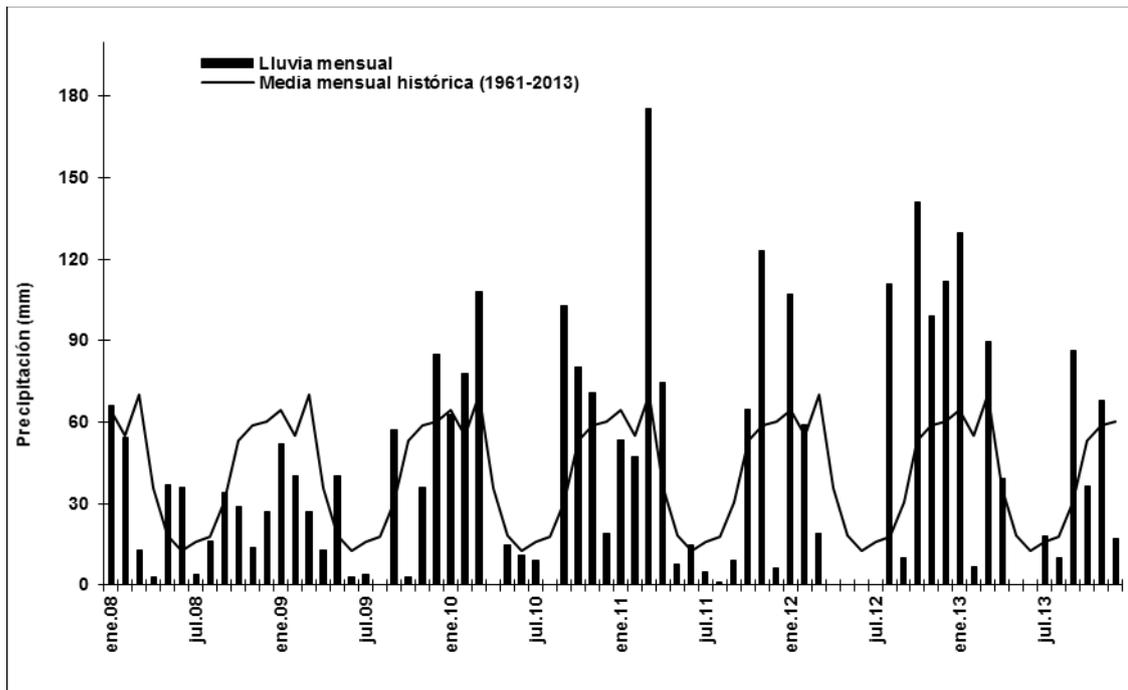


Figura 1. Distribución mensual de las precipitaciones durante el periodo de estudio y medias mensuales históricas. Datos tomados en la Estación Meteorológica del Campo Anexo Chacharramendi de la EEA Anguil, INTA.

Figure 1. Monthly distribution of precipitation along the study period and long-term monthly averages. Data were collected from a weather station located in the Campo Anexo Chacharramendi of the EEA Anguil, INTA.

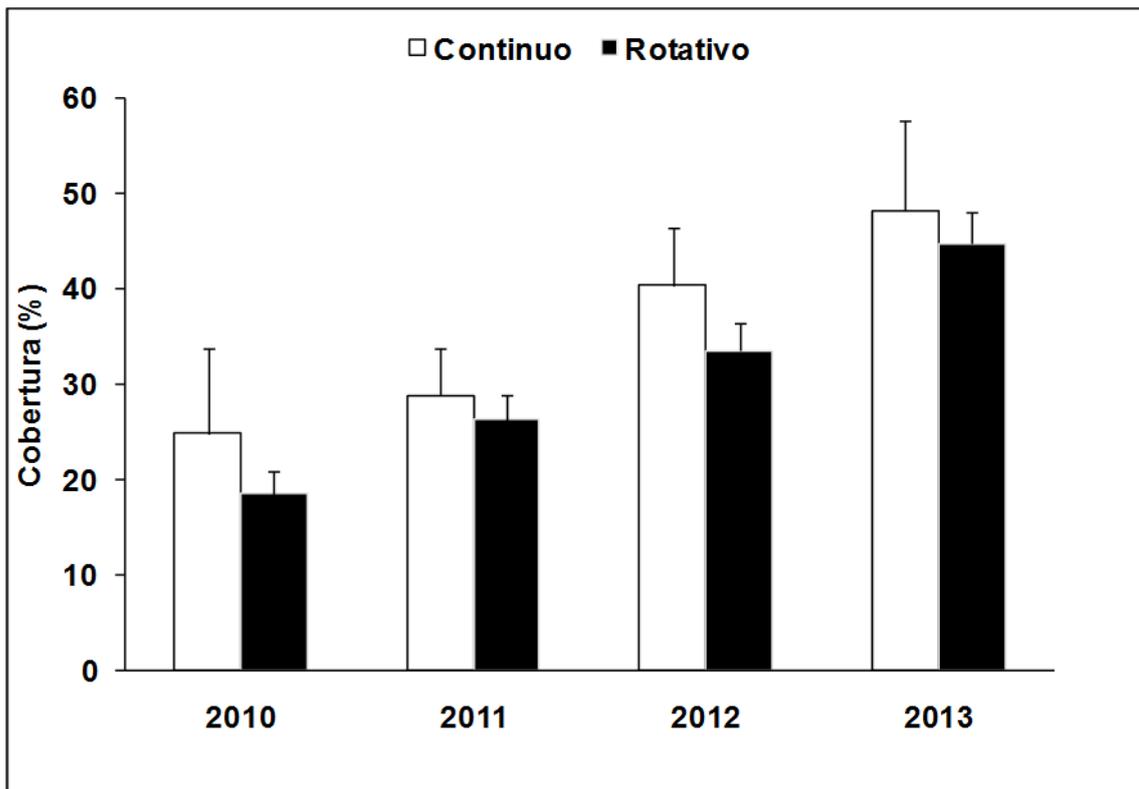


Figura 2. Variación anual de la cobertura de vegetación leñosa bajo pastoreo continuo o rotativo. Las líneas finas encima de las barras representan 1 error estándar. Los coeficientes de determinación del modelo de regresión lineal son 0,97 y 0,99 para pastoreo continuo y rotativo, respectivamente.

Figure 2. Annual variation of woody vegetation cover under continuous or rotational grazing. Thin lines above bars represent 1 standard error. Determination coefficients for linear regression model are 0.97 and 0.99 for continuous and rotational grazing, respectively.

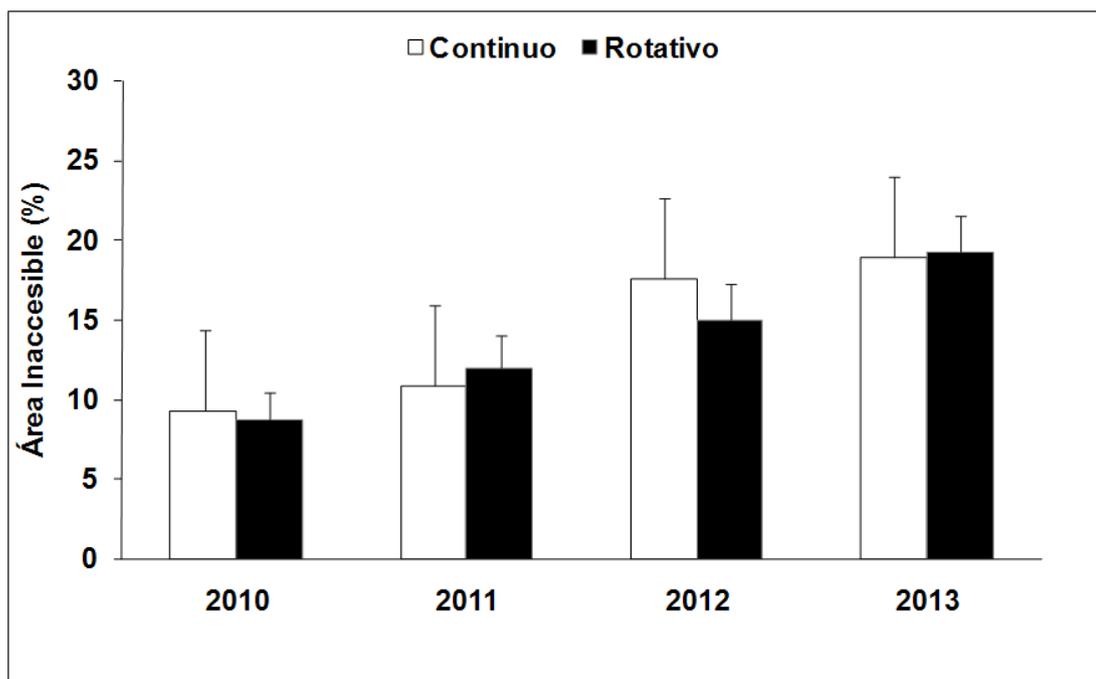


Figura 3. Variación anual del área inaccesible al pastoreo bajo pastoreo continuo o rotativo. Las líneas finas encima de las barras representan 1 error estándar. Los coeficientes de determinación del modelo de regresión lineal son 0,92 y 0,99 para pastoreo continuo y rotativo, respectivamente.

Figure 3. Annual variation of the area inaccessible to grazing under continuous or rotational grazing. Thin lines above bars represent 1 standard error. Determination coefficients for linear regression model are 0.92 and 0.99 for continuous and rotational grazing, respectively.

Dinámica de la vegetación herbácea

La densidad total de gramíneas perennes palatables (Figura 4) aumentó con el transcurso de los años ($p < 0,01$) tanto bajo pastoreo rotativo como continuo, sin diferenciarse ($p > 0,05$) entre ambos tratamientos. En cambio, la disponibilidad de gramíneas perennes

palatables total promedio fue mayor ($p < 0,05$) bajo pastoreo rotativo que bajo pastoreo continuo en los cuatro años de aplicación de los tratamientos de pastoreo (Figura 5), sin observarse interacción entre tratamiento de pastoreo y tiempo ($p > 0,05$).

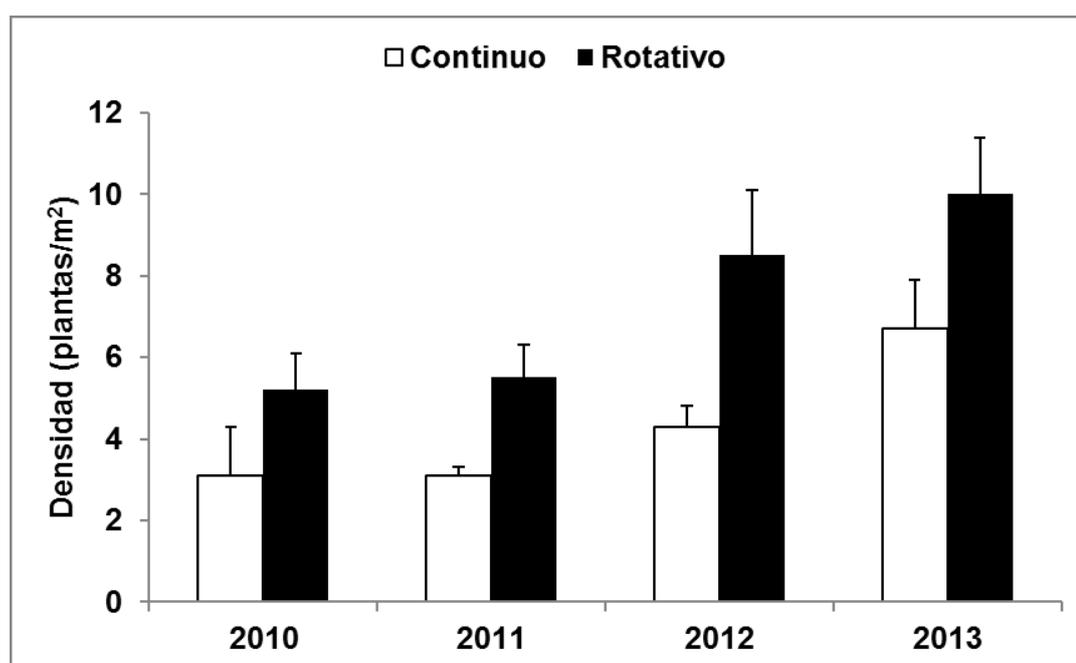


Figura 4. Variación anual de la densidad total de gramíneas perennes palatables bajo pastoreo continuo o rotativo. Las líneas finas encima de las barras representan 1 error estándar.

Figure 4. Annual variation of total perennial palatable grass density under continuous or rotational grazing. Thin lines above bars represent 1 standard error.

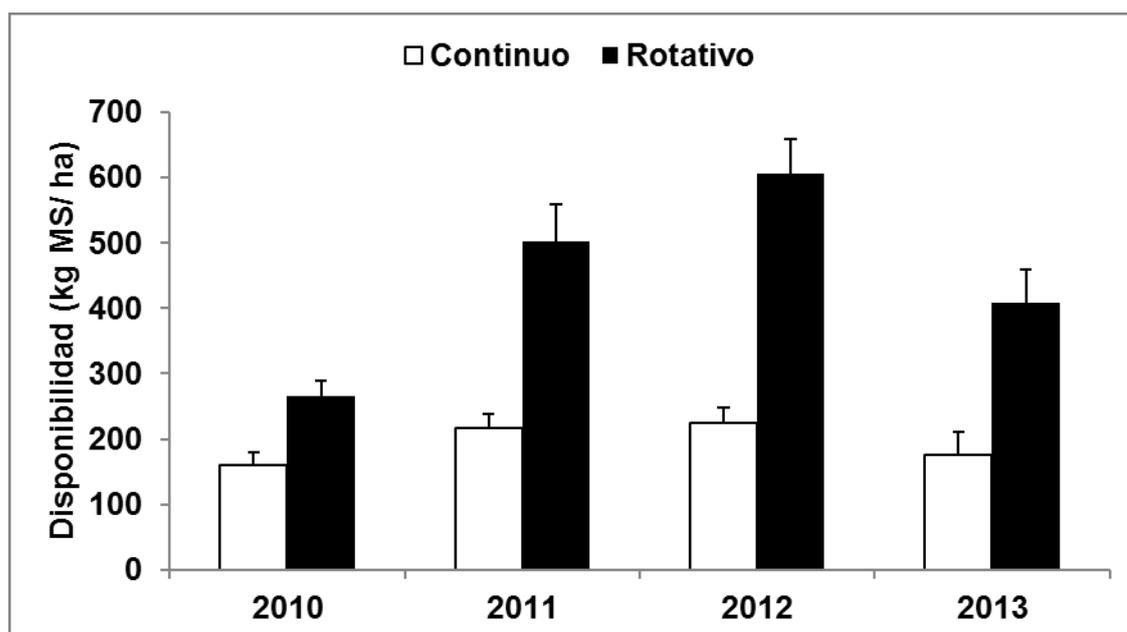


Figura 5. Variación anual de la disponibilidad total promedio de gramíneas perennes palatables bajo pastoreo continuo o rotativo. Las líneas finas encima de las barras representan 1 error estándar.

Figure 5. Annual variation of average total perennial palatable grass availability under continuous or rotational grazing. Thin lines above bars represent 1 standard error.

Respuesta animal

La ganancia diaria de peso de los animales fue afectada por el tratamiento ($p < 0,01$), el tiempo ($p < 0,01$), y ambos factores interactuaron significativamente ($p < 0,01$). La

ganancia diaria de peso fue mayor bajo pastoreo continuo que bajo pastoreo rotativo, excepto en el año 2011 cuando se observó lo contrario (Cuadro 1).

Cuadro 1. Respuesta productiva de los animales bajo pastoreo continuo o rotativo. Los valores de ganancia de peso representan el promedio ± 1 error estándar. Dentro de cada año, medias de ganancia de peso con letras diferentes difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

Table 1. Animals productive response under continuous or rotational grazing. Weight gain values are average ± 1 standard error. Within years, averages weight gain with different letters are statistical different ($p < 0.05$).

Tratamiento	Peso vivo (kg)		Días de Uso	Ganancia de peso por individuo (g/día)
	Inicial	Final		
2010				
Rotativo	200	257	245	251 \pm 13 b
Continuo	200	277		331 \pm 12 a
2011				
Rotativo	142	281	243	576 \pm 9 a
Continuo	145	276		539 \pm 11 b
2012				
Rotativo	154	235	260	355 \pm 11 b
Continuo	150	242		406 \pm 11 a
2013				
Rotativo	156	199	268	165 \pm 11 a
Continuo	155	215		226 \pm 9 b

Discusión

En el contexto del presente estudio el pastoreo rotativo no mostró superioridad en relación al pastoreo continuo en las variables de respuesta medidas sobre la vegetación (salvo disponibilidad forrajera) y sobre los animales; es más, la ganancia diaria de peso promedio de los animales en recría fue mayor bajo pastoreo continuo en tres de los cuatro años de medición. Estos resultados son consistentes con la conclusión general de revisiones sobre el tema realizadas por Holecheck et al (1999) y Briske et al (2008). No obstante, contrastan con resultados obtenidos en distintos pastizales de regiones áridas y semiáridas de nuestro país (Golluscio et al 1998; Quiroga et al, 2009) y de otras partes del mundo (Müller et al, 2007; Bowman et al, 2009; Hughes, 2011; O'Reagain et al, 2014), que han puesto de manifiesto efectos positivos del pastoreo rotativo en la recuperación de la vegetación y la producción animal.

La abundancia de precipitaciones en el periodo de mediciones es posible que haya determinado al menos en parte la limitada respuesta a los tratamientos de pastoreo observada en la densidad total de gramíneas perennes palatables. El disturbio por defoliación es más tolerable cuando la disponibilidad de recursos no limita el crecimiento de las plantas (Busso y Richards, 1995), lo cual podría haber favorecido a los pastos sometidos a pastoreo continuo en el presente estudio. En un plazo mayor de tiempo de aplicación del pastoreo rotativo, abarcando ciclos húmedos y secos, cabría esperar que el control de la severidad de la defoliación sobre las especies más preferidas del pastizal favorezca la recuperación pos-defoliación de las mismas, posibilitando una mayor expresión del potencial productivo, la capacidad reproductiva y la habilidad competitiva (Caldwell, 1984). Dicho control del pastoreo sería necesario para que las especies más preferidas por los animales mantengan o mejoren su representación en las comunidades (Steffens et al, 2013). Por otra parte, el pastoreo rotativo impactó en forma positiva sobre la disponibilidad de MS total de las gramíneas perennes palatables, lo cual es importante para mantener la estabilidad de los procesos ecológicos primarios del pastizal (estabilidad del suelo, hidrología, captura de radiación solar, ciclado de nutrientes) (Distel, 2013). Si bien la diferente intensidad de muestreo (limitante reconocida en Materiales y Métodos) es probable que haya influido diferencialmente sobre el nivel de precisión de la estimación del promedio de disponibilidad forrajera en ambos tratamientos de pastoreo, es muy posible que no haya sido decisivo en el resultado de la comparación ya que en tres de los cuatro años de mediciones la disponibilidad forrajera fue entre dos y tres veces superior en el pastoreo rotativo que en el continuo.

En relación a la performance animal, el pastoreo rotativo tuvo un efecto negativo sobre la ganancia diaria de peso en tres de los cuatro años de medición. Dicha respuesta negativa podría atribuirse en parte a la incorporación de especies de menor valor nutritivo a la dieta (en comparación con la situación de pastoreo continuo donde la carga animal instantánea es menor y

los animales tienen más libertad de elección), pero más probablemente y en mayor medida a una pérdida de calidad de las especies perennes preferidas producto del diferimiento excesivo de su utilización (Distel et al, 2005).

Contrario a lo esperado el control de las defoliaciones del componente herbáceo mediante pastoreo rotativo no quedó reflejado en una mejora en la competencia por recursos con la vegetación leñosa, ya que la vegetación leñosa respondió de manera similar en los dos sistemas de pastoreo. Una explicación posible es que el nivel de precipitaciones por encima de la media durante el periodo 2010-2013 haya resultado en la recarga hídrica de los niveles más profundos del suelo, al que tienen acceso las raíces de los arbustos particularmente (Gibbens y Lenz, 2001). En condiciones menos húmedas cabría esperar competencia por agua entre pastos y arbustos en los niveles más superficiales del suelo (Rodríguez et al, 2007), y en dicho caso lo esperado sería un menor aumento temporal de la cobertura arbustiva bajo una estrategia de pastoreo que favorezca el crecimiento de los pastos.

Al ritmo de incremento anual de la vegetación leñosa observado en el presente estudio, al cabo de aproximadamente 10 años desde el disturbio por rolado se volvería a la proporción de área inaccesible al pastoreo de partida (39%, inmediatamente antes del rolado). Dicho valor (10 años) es esperable disminuya si prevalecen años húmedos post-rolado o aumenta si prevalecen años con lluvias normales o ligeramente por debajo de las normales, particularmente bajo pastoreo rotativo.

La carencia de evidencia experimental inequívoca de la superioridad del pastoreo rotativo sobre el pastoreo continuo en variables relacionadas con la vegetación y con la producción animal contrasta con la percepción de productores y asesores que aplican el pastoreo rotativo a escala de establecimiento. El origen de la controversia sería la comparación de pastoreos rotativos de naturaleza diferente: un pastoreo rotativo experimental estructurado (relativamente fijo en carga animal, duración de los periodos de pastoreo/descanso, y secuenciación del pastoreo) vs. un pastoreo rotativo flexible y adaptativo aplicado a escala de establecimiento comercial (Kothmann, 2009; Briske et al, 2011; Teague et al, 2013). La flexibilidad asociada al manejo adaptativo resulta esencial en la operación de sistemas de pastoreo rotativo exitosos en escenarios complejos, variables e impredecibles (Watson et al, 1996; Kothmann, 2009; Alfonso Ortega et al, 2013). En los ambientes áridos y semiáridos resulta esencial que la carga animal posea la flexibilidad necesaria para poder amoldarla al patrón, variabilidad e imprevisibilidad del régimen hídrico local. El ajuste de la carga a la disponibilidad de forraje resulta en una decisión de manejo que puede tener un mayor efecto sobre la vegetación que los diferentes sistemas de pastoreo (Van Poollen y Lacey, 1979). Por otra parte, flexibilizar la duración del periodo de pastoreo es imprescindible para mantener un nivel mínimo de biomasa residual que asegure la protección de las plantas y del suelo, y para

evitar el consumo de rebrotes inmaduros, lo cual es perjudicial para el crecimiento y la supervivencia de las raíces, la absorción de agua y nutrientes, el crecimiento y supervivencia de las macollas, y la acumulación de reservas (Briske y Richards, 1995). Complementariamente, flexibilizar la duración del periodo de descanso es imprescindible para que las plantas reajusten su morfo-fisiología y alcancen un funcionamiento normal que les permita recuperarse de la defoliación sufrida (Caldwell, 1984; Richards, 1993; Ferraro and Oesterheld, 2002).

Es posible que la inflexibilidad en términos de carga animal, periodos de pastoreo/descanso y secuenciación del pastoreo rotativo del presente trabajo haya limitado la respuesta de la vegetación y de los animales. La continuidad del trabajo sobre control del pastoreo en el sitio de estudio contemplará una aceleración de la rotación de los animales en los periodos de mayor velocidad de crecimientos de los pastos, para evitar tanto la defoliación de rebrotes inmaduros (lo cual disminuye el vigor de las plantas) como la pérdida de calidad de las especies preferidas (lo cual impacta en forma negativa en la ganancia de peso de los animales). También se tendrá en cuenta la necesidad de flexibilizar la carga animal para ajustarla a la disponibilidad de forraje, aumentándola transitoriamente de ser necesario (empleando animales de la misma categoría o de otra categoría, Ej. vacas) con el fin de limitar el periodo de descanso a la duración apropiada y evitar pérdida de calidad, y para lograr un mejor aprovechamiento de la biomasa forrajera disponible.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a los técnicos Guillermo Berterreix y Fernando Fuentes por su valiosa colaboración en las tareas de campo, así como al INTA e INTEA S.A por el financiamiento de esta experiencia. Así mismo agradecen el trabajo de dos revisores anónimos, cuyas sugerencias contribuyeron a mejorar en forma significativa el trabajo.

Bibliografía

- Adema, E.O., Buschiazzo, D.E., Babinec, F.J. Rucci, T.E. and Gomez Hermida, V.F. 2004. Mechanical control of shrubs in a semiarid region of Argentina and its effect on soil water content and grassland productivity. *Agricultural Water Management* 68: 185–194.
- Alfonso Ortega, J., Lukefahr, S.D. and Bryant, F.C. 2013. Optimum stocking rate, monitoring, and flexibility. Key components of successful grazing management programs. *Rangelands* 35: 22-27.
- Archer, S.R. 2010. Rangeland conservation and shrub encroachment: New perspectives on an old problem. Pp. 53-97. *In: du Toit, J., Kock, R. y Deutsch, J. (Ed.). Wild Rangelands: Conserving Wildlife While Maintaining Livestock in Semi-Arid Ecosystems.* Blackwell Publishing, Oxford.
- Bowman, A.M., Alemseged, Y., Melville, G.J., Smith, W.J. and Syrch, F. 2009. Increasing the perennial grass component of native pastures through grazing management in the 400–600mm rainfall zone of central western NSW. *The Rangeland Journal* 31:369-376.

- Briske, D.D. 1991. Developmental morphology and physiology of grasses. Pp. 85-108. *In: Heitschmidt, R.K. y Stuth, J.W. (Ed.). Grazing Management: An Ecological Perspective.* Timber Press, Portland.
- Briske, D.D. y Richards, J.H. 1995. Plant responses to defoliation: a physiological, morphological and demographic evaluation. Pp. 635-710. *In: Society for Range Management (Ed.). Wildland Plants: Physiological Ecology and Developmental Morphology.* Society for Range Management, Denver.
- Briske, D.D., Derner, J.D., Brown, J.R., Fuhlendorf, S.D., Teague, W.R., Havstad, K.M., Gillen, R.L., Ash, A.J. and Willms, W.D. 2008. Rotational grazing on rangelands: reconciliation of perception and experimental evidence. *Rangeland Ecology and Management* 61: 3-17.
- Briske, D.D., Sayre, N.F., Huntsinger, L., Fernandez-Gimenez, M., Budd, B. and Derner J.D. 2011. Origin, persistence, and resolution of the rotational grazing debate: Integrating human dimensions into rangeland research. *Rangeland Ecology and Management* 64: 325-334.
- Brown, A., Martinez Ortiz, U., Acerbi, M. y Corcuera, J. (ed). 2006. *La Situación Ambiental Argentina 2005.* Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires.
- Busso, C.A. and Richards, J.H. 1995. Drought and clipping effects on tiller demography and growth of two tussock grasses in Utah. *Journal of Arid Environments* 29: 239-251.
- Cabrera, A. 1976. *Regiones Fitogeográficas Argentinas.* *In: Kugler, W.F. (Ed.). Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, Tomo II-2da. Ed. Acme, Buenos Aires.*
- Caldwell, M.M. 1984. Plant requirements for prudent grazing. Pp. 117-152. *In: Committee on Developing Strategies for Rangeland Management, National Research Council of the National Academy of Sciences (Ed.). Developing strategies for rangeland management.* Westview Press, Boulder.
- Canfield, R.H. 1941. Application of the line interception method in sampling range vegetation. *Journal of Forestry* 39: 388-394.
- Distel, R.A., Didoné, N.G. and Moretto, A.S. 2005. Variations in chemical composition associated with tissue ageing in palatable and unpalatable grasses native to central Argentina. *Journal of Arid Environments* 62: 351-357.
- Distel, R.A. 2013. Manejo del pastoreo en pastizales de zonas áridas y semiáridas. *Revista Argentina de Producción Animal* 33: 53-64.
- Dussart, E., Lerner, P. and Painetti, R. 1999. Long term dynamics of 2 populations of *Prosopis caldenia* Burkart. *Journal of Range Management* 51: 685-691.
- Ferraro, D.O. and Oesterheld, M. 2002. Effect of defoliation on grass growth. A quantitative review. *Oikos* 98: 125-133.
- Gibbens, R.P. and Lenz, J.M. 2001. Root system of some Chihuahuan desert plants. *Journal of Arid Environments* 49: 221-263.
- Golluscio, R.A., Deregis, V.A. and Paruelo, J.M. 1998. Sustainability and range management in the Patagonian steppes. *Ecología Austral* 8: 265-284.
- Holechek, J.L., Gomez, H., Molinar, F. and Galt, D. 1999. Grazing studies: what we've learned. *Rangelands* 21: 12-16.
- Hughes, L.E. 2011. Grazing systems: More thought and observations. *Rangelands* 33: 35-40.
- Jacyszyn, B. y Pittaluga, A. 1977. Suelos del área de Chacharramendi, provincia de La Pampa. CIRN, Castelar. 42 Pp.
- Kahn, L.P., Earl, J.M. and Nicholls, M. 2010. Herbage mass thresholds rather than plant phenology are a more useful cue for grazing management decisions in the mid-north region of South Australia. *The Rangeland Journal* 32: 379-388.
- Kothmann, M. 2009. Grazing Methods: A viewpoint. *Rangelands* 31: 5-10.

- Müller, B., Frank, K. and Wissel, C. 2007. Relevance of rest periods in non-equilibrium rangeland systems – A modelling analysis. *Agricultural Systems* 92: 295-317.
- Naito, A.T. and Cairns, D.M. 2011. Patterns and processes of global shrub expansion. *Progress in Physical Geography* 35: 423-442.
- Noy-Meir, I. 1975. Stability of grazing systems: an application of predator-prey graphs. *Journal of Ecology* 63: 459-481.
- O'Reagain, P., Scanlan, J., Hunt, L., Cowley, R. y Walsh, D. 2014. Sustainable grazing management for temporal and spatial variability in North Australian rangelands – a synthesis of the latest evidence and recommendations. *The Rangeland Journal* 36, 223-232.
- Quiroga, R.E., Blanco, L.J. and Ferrando, C.A. 2009. A case study evaluating economic implications of two grazing strategies for cattle ranches in northwest Argentina. *Rangeland Ecology and Management* 62: 435-444.
- Richards, J.H., 1993. Physiology of plants recovering from defoliation. Pp. 85-94. *In: Proceedings of the XVII International Grassland Congress*. SIR Publishing, Wellington.
- Rodríguez, M.V., Bertiller, M.B. and Bisigato, A. 2007. Are fine roots of both shrubs and perennial grasses able to occupy the upper soil layer? A case study in the arid Patagonian Monte with non-seasonal precipitation. *Plant and Soil* 300: 281-288.
- Rucci, T. E. e Iglesias, D. H. 1990. Disponibilidad forrajera neta de un pastizal natural en la zona del Caldenal. *Revista de la Facultad de Agronomía, UNLPam*. 5: 81-86.
- SAS Institute Inc. 2008. SAS/STAT® 9.2 User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 7861 pp.
- Steffens, T., Grissom, G., Barnes, M., Provenza, F. and Roath, R. 2013. Adaptive grazing management for recovery. Know why you're moving from paddock to paddock. *Rangelands* 35: 28-34.
- Teague, R., Provenza, F., Kreuter, U., Steffens T. y Barnes, M. 2013. Multi-paddock grazing on rangelands: Why the perceptual dichotomy between research results and rancher experience? *Journal of Environmental management* 128: 699-717.
- Van Pollen, H.D. and Lacey, J.R. 1979. Herbage response to grazing systems and stocking intensities. *Journal of Range Manage* 32, 250-253.
- Watson, I.W., Burnside, D.G. and Holm, A.M. 1996. Event-driven or continuous; what is the better model for managers? *The Rangeland Journal* 18: 351-369.