

Respuesta invernal de un campo natural a fertilización nitrogenada y ofertas de forraje

Zanoniani, Ramiro A.¹, Boggiano, Pablo¹, Cadenazzi, Mónica¹

¹Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Correo electrónico: toto@fagro.edu.uy

Recibido: 26/5/10 Aceptado: 15/2/11

Resumen

El trabajo se realizó en la Facultad de Agronomía, ubicada en Paysandú, Uruguay, 32° 23'57,86" S y 58° 02' 42,48" O, 61 m s n m. El objetivo fue estudiar la respuesta en la producción invernal de un campo natural bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada y ofertas de forraje. El experimento fue conducido en un diseño experimental central compuesto rotacional de precisión uniforme, con dos factores a cinco niveles cada uno: nitrógeno (N) = 0, 44, 150, 256, 300 kg/ha y ofertas de forraje (OF) = 4,0; 5,5; 9,0; 12,5 y 14,0 kg MS/100 kg de peso vivo (PV), distribuidos en dos bloques. La producción invernal (kg MS/ha) mostró compensación entre factores, siendo máxima con dosis altas de N y baja oferta de forraje, o con baja dosis de N y alta oferta de forraje. La eficiencia de utilización de fertilizante alcanzó un máximo de 16 kg MS/kg N, similar a la lograda con especies cultivadas. La respuesta observada se reflejó en la calidad de la vegetación, estimada a partir de la relación entre la biomasa de especies invernales y estivales (relación I/E), que maximizó a dosis intermedias de N. En consecuencia, la combinación de dosis bajas de nitrógeno (50 kg/ha) con asignaciones intermedias de forraje (8,0% PV), permitió duplicar la producción promedio de las pasturas naturales de similar composición florística de la zona del litoral del Uruguay.

Palabras clave: productividad invernal, fertilización, oferta de forraje

Summary

Winter Response of a Native Pasture to Nitrogen Fertilization and Forage Allowance

This research was conducted at the Faculty of Agronomy, located in Paysandú, Uruguay, 32° 23'57,86" S y 58° 02' 42,48" O, 61 m s n m. The aim was to study the response in winter production of a native pasture to different levels of nitrogenous fertilizer and herbage allowance. The experiment was led in an experimental central compound rotational design of uniform precision, with two factors with five levels each one: nitrogen (N) (0, 44, 150, 256, 300 kg/ha of N) and herbage allowance (OF) (4,0; 5,5; 9,0; 12,5 and 14,0 kg MS/100 kg of live weight PV), distributed in two blocks. Winter production (MS kg/ha) was the highest with high doses of N and low supply of forage. It was also high under low dose of N and high herbage allowance, revealing some compensation between both factors. The efficiency of fertilizer use peaked at 16 kg MS/kg N, and was similar to the one achieved with cultivated species. The observed response was mirrored in the vegetation quality, estimated from the relation between the biomass of winter and summer species (I/E ratio), which turned out to be the highest with intermediate doses of N. Consequently, the combination of low levels of N (50 kg/ha) with intermediate herbage allowance (8,0% PV), helped double the average winter production of the native pasture of West Uruguay.

Key words: winter production, fertilizer, herbage allowance

Introducción

Como consecuencia de la interacción del clima, el suelo y la utilización, la vegetación del Uruguay es predominantemente herbácea, presentando un complejo mosaico de especies que cambian su frecuencia y sus hábitos morfofisiológicos según las condiciones geológicas, edáficas, topográficas y de manejo a las cuales son sometidas (Berreta, 1996). A pesar de la gran diversidad florística entre suelos y zonas del Uruguay, existen características comunes a las pasturas naturales: a) baja proporción de leguminosas, b) relaciones de gramíneas invernales y estivales, que favorecen generalmente a las segundas (Carámbula, 1997), c) los suelos en los cuales crecen son moderadamente ácidos y poseen contenidos bajos de nutrientes, limitando seriamente su productividad en los períodos de baja actividad biológica. Esas tres características determinan una escasa producción invernal, en promedio 380 kg MS/ha (Boggiano, 2005), y baja calidad del forraje ofrecido en primavera-verano. Al mismo tiempo, el pastoreo con una carga constante de ovinos, bovinos y equinos, ha provocado la degradación, y la consecuente disminución de la productividad de las pasturas naturales fundamentalmente en invierno. Esta situación determina que el punto de partida para mejorar la productividad del ecosistema pastoril pase indefectiblemente por un ajuste de la carga animal, restringida por la disponibilidad de forraje otoño-invernal (Millot, 1991).

El objetivo general de este trabajo fue evaluar la posibilidad de aumentar la productividad otoño-invernal de las pasturas naturales, a través de una mejora en su composición botánica y en el comportamiento de las especies de valor forrajero. Para lograr esto, se utilizaron dos herramientas, la fertilización nitrogenada y el manejo del pastoreo, bajo el supuesto de que ambos factores son los principales condicionantes de la producción pastoril.

Materiales y métodos

Descripción del sitio experimental

El experimento fue realizado en el invierno del 2003, en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (Facultad de Agronomía), en el km 363 de la

ruta General Artigas, departamento de Paysandú, Uruguay (32° 23'57,86" S y 58° 02' 42,48" O, 61 m s n m.). Los suelos del área experimental son Brunosoles Subéutricos típicos, encontrándose Solonetz como suelos asociados (Altamirano *et al.*, 1976), pertenecientes a la unidad San Manuel de la Clasificación de Suelos del Uruguay. El relieve es de pendientes moderadas y lomadas suaves (Durán, 1985). El análisis de suelo realizado en otoño de 2002 registró un pH: 5,8, M.O: 5,2%, P₂O₅: 4,5 ppm y 3,5 ppm de nitratos.

El área está destinada a la cría de ganado desde hace más de 20 años, manteniéndose como «campo virgen», según sugiere la presencia de varias especies indicadoras que así lo caracterizan: *Bromus auleticus*, *Dorstenia brasiliensis* y *Geranium albicans* (Rosengurt, 1979). La vegetación presenta especies arbustivas características, siendo *Acacia caven* (Espinillo) la dominante. Conjuntamente con estos arbustos, aparece un tapiz herbáceo dominado por gramíneas cespitosas de variable valor pastoril.

Esquema experimental

Se estudió el efecto de la oferta de forraje y de la fertilización nitrogenada sobre: la producción invernal de biomasa aérea verde y la contribución de las principales especies mediante la relación invernal/estival (I/E).

Para llevar adelante este estudio se aplicaron cinco ofertas de forraje (OF) 4,0; 5,5; 9,0; 12,5 y 14,0 kg MS/ 100 kg de peso vivo animal por día; y cinco niveles de fertilización nitrogenada (N) 0; 44; 150; 256; 300 kg de nitrógeno por ha/año.

El rango de ofertas evaluados se fijó en base a resultados de experimentos de la región que fijan los extremos en donde la pastura puede ser degradada por sobre y subpastoreo (Maraschin, 2001) y los niveles intermedios resultan de la aplicación del delimitamiento experimental.

Como nivel mínimo de nitrógeno se consideró la situación normal de producción en la cual no se realiza incorporación. Como nivel superior se consideró un valor que permitiera expresar el potencial otoño-invernal de producción, dada la presencia de especies nativas de alto valor comercial, como por ejemplo *Bromus auleticus*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum* y *Stipa setigera* y en base a las

respuestas obtenidas en los trabajos de Bottaro y Zavala (1973); los niveles 44; 150; 256; son consecuencia del delineamiento experimental. Las fertilizaciones fueron realizadas en cuatro aplicaciones distribuidas en otoño e invierno (marzo a agosto).

El delineamiento experimental utilizado fue el central compuesto propuesto por Box y Wilson (cit. por Cochran y Cox, 1957), con precisión uniforme, rotacional y con los tratamientos distribuidos en dos bloques, en forma ortogonal, de manera que las estimativas de los parámetros del modelo de superficie de respuesta no fueran afectadas por el efecto de los bloques. Para realizar el bloqueo correspondiente al diseño experimental se caracterizó al inicio del experimento la composición botánica mediante el estudio fitosociológico a través del método de punto-transecta (Daget y Poissonet, 1971). A tal efecto, se marcaron dos transectas fijas de 25 m en cada parcela, en las que se relevaron cada 0,5 metros las especies que son interceptadas por una aguja de 0,7 m de longitud, obteniéndose la frecuencia relativa y absoluta de las especies. El análisis estadístico se realizó mediante taxonomía numérica utilizando el coeficiente de asociación de Jaccard, con aplicación de análisis de cluster para agrupar pasturas con mayor similitud taxonómica. Mediante este análisis se agruparon las parcelas en dos bloques diferenciados por su proporción de *Bromus auleticus* y *Stipa setigera*, en más y menos de 35%. Los tamaños de los potreros variaron desde 1038 hasta 2219 m² y el área total fue de 2,13 ha.

El proceso de análisis de los datos se inició con el estudio de la distribución normal de los residuos según el test Shapiro-Wilks (SAS, 1996). La condición de normalidad fue satisfactoria para todas las variables. Para analizar los efectos de ambos factores sobre cada variable se utilizó análisis de varianza. Para estimar las respuestas de cada variable a la fertilización y la oferta de forraje se estudió la superficie de respuesta.

Manejo del experimento

El período evaluado comprende el otoño/invierno 2003 (1 de marzo al 31 de agosto). Las dosis de nitrógeno fueron aplicadas en su totalidad, en forma de urea, corrigiendo en los casos que fuera necesari-

o con aplicaciones de fósforo para alcanzar 10 ppm de P₂O₅ en el suelo. Las aplicaciones se realizaron por la mañana o a última hora de la tarde procurando evitar las horas de mayor temperatura, con el fin de reducir las pérdidas de nitrógeno por volatilización. Los ciclos de pastoreos fueron de 50 días con períodos de pastoreos de cinco días y períodos de descanso de 45 días, dependiendo de la oferta de forraje disponible en el momento de ingresar los animales.

Determinaciones realizadas sobre la pastura

-Producción invernal de materia seca: durante el invierno (1 de junio al 31 de agosto), previo y posterior a la entrada de animales, se realizaron las determinaciones del forraje disponible y remanente por parcela. La materia seca presente antes y después del pastoreo se determinó utilizando un disco calibrado (Cayley y Bird, 1991; Frame, 1993) con peso de 11 kg/m². En cada potrero se realizaron 30 lecturas de altura de disco, distribuidas en forma sistemática en el área. La diferencia entre forraje disponible actual (ajustado por días de ocupación de los animales) y remanente anterior corresponde al crecimiento de la pastura y la suma de estas diferencias al crecimiento en el período de evaluado, considerado como producción total de forraje. La diferencia entre el forraje desaparecido (disponible actual ajustado por días de ocupación de los animales menos remanente actual) dividido el forraje disponible permitió calcular el porcentaje de utilización del disponible y dividido el crecimiento de forraje permitió calcular el porcentaje de utilización del crecimiento. La suma de forraje desaparecido por pastoreo permitió calcular el forraje desaparecido total. El crecimiento de cada tratamiento, establecido como aporte de material verde, se estimó separando las muestras de 15 círculos de 0,1 m² por parcela en fracción verde y seca anterior al ingreso de los animales a las mismas. El cálculo de forraje desaparecido por kg de PV, se realizó dividiendo el forraje desaparecido multiplicado por 100 dividido la cantidad de peso vivo soportada por hectárea en el período experimental de cada tratamiento. Mientras que la dotación en UG/ha se calculó dividiendo la cantidad de peso vivo de cada tratamiento en el período experimental divi-

dido 380 kg de PV (de una vaca en mantenimiento) definido como UG (Crempien, 1983).

-Relación de la contribución de las especies Invernales/Estivales: como forma de diferenciar el aporte de las fracciones más importantes (especies o grupos taxonómicos), se relevó en 50 círculos de 0,1 m² por parcela previo a cada pastoreo (15/4, 5/6 y 25/7/2003) la composición botánica mediante el método de Botanal (Tohill *et al.*, 1978). Este método permitió caracterizar la cantidad de biomasa aportada por las especies invernales (I) y estivales (E), y calcular la relación I/E.

Resultados

La temperatura promedio del período experimental se encontró por encima de la media histórica en todos los meses a excepción de abril (Cuadro 1). Durante los meses que comprende el período experimental se puede considerar que a excepción del mes de julio las temperaturas medias estuvieron dentro del rango óptimo de crecimiento de las especies invernales (Carámbula, 1997).

Las precipitaciones del mes de marzo fueron similares al promedio histórico (Cuadro 2), mientras que en los meses de abril y mayo superaron al mismo, fueron deficitarias en junio y julio y finalmente superaron al promedio en agosto. Si bien puede considerarse que las mismas fueron favorables para el crecimiento de las estivales, se debe tener en cuenta que las precipitaciones del período estival se en-

contraron por debajo del promedio histórico, acumulando cerca de 420 mm de desbalance entre precipitación y evapotranspiración.

Producción de materia seca invernal

La producción invernal de forraje ajustó significativamente al modelo de superficie de respuesta $y = -1068,6 + 15,6 N + 236,7 OF - 0,02 N^2 - 0,96 OFxN - 4,91 OF^2$ ($R^2 = 0,76$), detectándose efectos lineales y cuadráticos para el nitrógeno y la interacción OFxN ($p < 0,05$), no descartándose el efecto lineal de la OF ($p = 0,11$).

Las tasas de crecimiento promedio ajustaron a un modelo de superficie de respuesta $y = -12 + 0,18 N + 2,7 OF - 0,0002 N^2 - 0,01 OFxN - 0,06 OF^2$, ($R^2 = 0,76$, $p < 0,05$), siendo 13,0 kg de MS/ha/día el valor medio de todos los tratamientos, con una amplitud de 5,6 a 17,6 kg de MS/ha/día para los tratamientos de 44 N- 5,5 OF y 150 N- 9,0 OF (kg/ha - % kg de PV/día), respectivamente.

El modelo permitió visualizar la interacción entre N y OF con efectos compensatorios entre los factores evaluados, indicando dos tipos de respuestas a la intensidad de pastoreo según el nivel de N agregado (Figura 1). Con dosis bajas de N (44 kg N/ha) la producción invernal aumentó al aumentar la OF, en cambio con dosis mayores de N la producción disminuyó al aumentar la OF. Por su parte con bajos niveles de oferta (4,0%), la producción se vio promovida por el agregado de fertilizante, mientras que con

Cuadro 1. Temperatura (° C) durante el período experimental y promedio histórico de la zona de influencia de la EEMAC.

AÑO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
2003	21	16	15	14	12	14
MEDIA 1963-2000	20	18	15	13	12	11

Cuadro 2. Precipitaciones (mm) durante el período experimental y promedio histórico de la zona de influencia de la EEMAC.

AÑO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
2003	115	222	220	36	33	175
MEDIA 1937-2000	130	120	80	75	65	72

Cuadro 3. Nivel de significación estadística para los efectos estudiados con respecto a la producción invernal de forraje en kg/ha MS y relación Invernal/Estival.

TEST DE COEFICIENTES	GRADOS LIBERTAD	PRODUCCIÓN INVERNAL	RELACIÓN ESTIVAL/INVERNAL	CARGA ANIMAL kg/ha PV
MODELO	6	0,05 [(*)]	0,07 [(*)]	0,07 [(*)]
INTERCEPCIÓN	1	0,17	0,64	0,03 [(*)]
NITROGENO (N)	1	0,0033 [*]	0,027 [*]	0,15
OFERTA (OF)	1	0,11	0,67	0,06 [(*)]
N*N	1	0,042 [*]	0,031 [*]	0,2
OF*N	1	0,015 [*]	0,19	0,48
OF*OF	1	0,48	0,75	0,07 [(*)]

Significancia a: [*] $p < 0,05$; [(*)] $0,05 < p < 0,10$

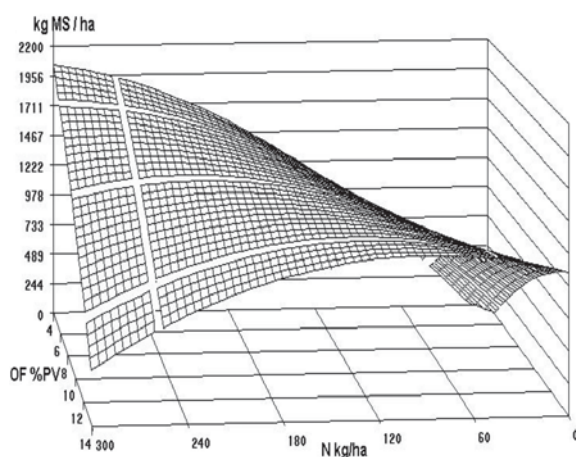


Figura 1. Respuesta en producción invernal (kg MS/ha) de un campo natural sometido a niveles de fertilización nitrogenada (N kg/ha) y oferta de forraje (OF %PV/día).

niveles altos de oferta (14%), la producción se redujo a medida que aumentó la dosis del fertilizante.

La producción se redujo a medida que aumentó la dosis del fertilizante. La máxima producción invernal estimada (1650 kg MS/ha), se logró con una dosis de N (274 kg/ha) y la menor oferta de forraje (4,0% PV/día). Sin embargo, no pudo determinarse la combinación de factores que maximizan la producción de forraje invernal al no existir una inflexión

en la curva que representa a esta variable de respuesta.

La carga (kg de Peso Vivo animal por ha) ajustó a un modelo de superficie de respuesta $y = 807 + 2,4 N - 125,3 OF - 0,004 N^2 - 0,09 OFN + 6,1 OF^2$, ($R^2 = 0,74$, $p < 0,05$), que detectó efectos lineales y cuadráticos para OF ($p < 0,05$).

La pendiente máxima en la superficie de respuesta indica que la carga animal tiende a aumentar al disminuir la oferta de forraje y aumentar la dosis de N, alcanzándose la máxima carga con 4% de OF y 174 kg N/ha.

El forraje desaparecido promedio por kg de Peso Vivo fue de 2,9 % ($p > 0,05$), con una amplitud de 4,4 a 1,7% para los tratamientos 44 N - 12,5 OF y 150 N - 4,0 OF (kg/ha - % kg de PV/día), respectivamente. Además del tratamiento de 150 N - 4,0 OF, los tratamientos 0 N - 9,0 OF y 44 N - 5,5 OF, kg/ha - % kg de PV/día respectivamente, considerado como el límite de mantenimiento por Berretta (2005), también fueron considerados deficitarios en producción de forraje otoño/invernal.

El efecto de la OF a dosis de N similares (150 kg/ha) mostró resultados opuestos entre la dotación (expresada en UG/ha) y la cantidad de forraje desaparecido (Figura 2).

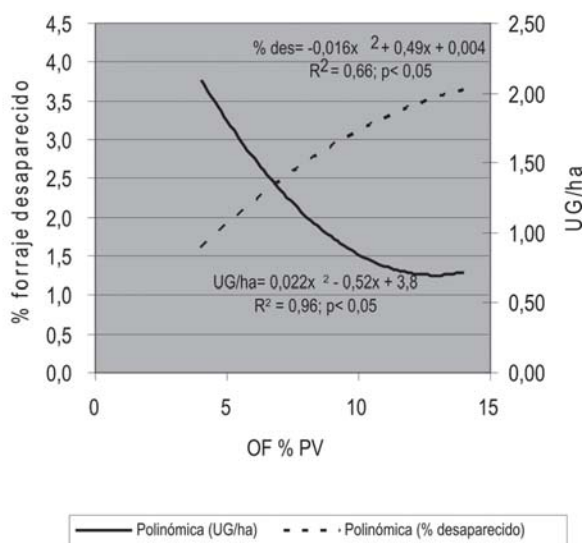


Figura 2. Efecto de la oferta de forraje a igual dosis de nitrógeno en el forraje desaparecido y la dotación animal.

Relación Invernal/Estival

El ajuste de la relación Invernales/Estivales (IE) al modelo de superficie de respuesta $y = -1,13 + 0,03N + 0,19OF - 6,5 \times 10^{-5} N^2 - 1,4 \times 10^{-3} OFN + 7,1 \times 10^{-3} OF^2$ ($R^2 = 0,74, p < 0,05$), detectó efectos lineales y cuadráticos de la dosis de N ($p < 0,05$), pero no de la OF ($p > 0,05$, Cuadro 3).

La contribución de las gramíneas invernales aumentó hasta el entorno de 180 kg/ha de N, para descender acentuadamente con dosis superiores (Figura 3). La respuesta obtenida indica que con dosis intermedias (100 kg N/ha) pueden lograrse contribuciones de las gramíneas invernales que tripliquen el aporte de las gramíneas estivales.

La contribución de las gramíneas invernales aumentó con el agregado de Nitrógeno hasta llegar a una dosis de alrededor de 180 kg/ha, luego de la cual descendió marcadamente (Figura 3). La respuesta obtenida indica que con dosis intermedias pueden lograrse contribuciones de las gramíneas invernales que superan en más de tres veces el aporte de las gramíneas estivales.

Discusión

La producción de forraje se incrementó como consecuencia de la aplicación del fertilizante nitro-

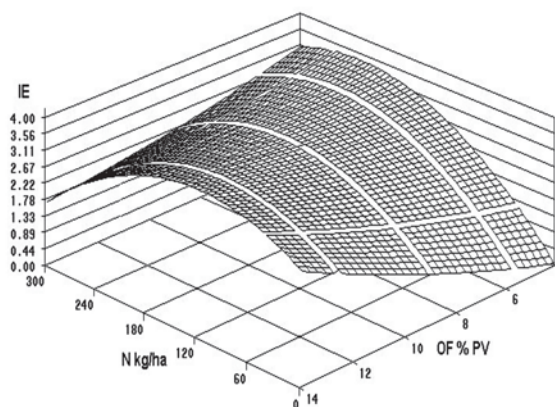


Figura 3. Respuesta en IE de un pastizal natural a la dosis de fertilizante nitrogenado (N kg/ha) y oferta de forraje (OF % PV/día).

genado en condiciones de alta intensidad de pastoreo (baja oferta de forraje), pero se redujo con baja intensidad de pastoreo (alta oferta de forraje). El agregado de N determina un rebrote más rápido, alcanzándose rápidamente el IAF óptimo que, en los tratamientos de alta OF con IAF remanentes mayores, produce condiciones de sombreado que determinan una reducción en la acumulación de materia seca verde, ratificando lo expresado por Nabinger, *et al.* (2007). Esto condiciona la aplicación de altas dosis de N y confirman la necesidad de adecuar los ritmos de defoliación al variar la velocidad de crecimiento de la pastura para lograr respuestas eficientes (Chapman y Lemaire, 1993, Gastal *et al.*, 2004).

Al igual que lo reportado por Agnusdei *et al.* (2001) y Rodríguez *et al.* (2004), las tasas de acumulación de forraje de los tratamientos no fertilizados fueron ampliamente superadas por los fertilizados (bajo cargas altas), existiendo respuesta aún a altos niveles de fertilizante. Asimismo, la respuesta en producción de forraje al nivel del nitrógeno agregado duplica los valores obtenidos por otros autores como Bemhaja (1994) quien en campos arenosos había logrado respuestas en la producción hasta aplicaciones de 120 kg N/ha.

La respuesta de 16 kg MS/kg N bajo intensidades altas de pastoreo confirma el potencial productivo de determinadas especies naturales, ya que igualan los valores obtenidos con especies introducidas

(Ayala y Carámbula, 1994b). La diferencia con la eficiencia encontrada por Ayala y Carámbula (1994a) (16 kg frente a 1,5 kg MS/kg N) indica además una variación de la capacidad de respuesta relacionada a la composición botánica original del campo natural y destaca la necesidad del conocimiento de las especies nativas presentes en cada pastura como forma de racionalizar el uso de insumos costosos. En este caso, la contribución de *Bromus auleticus* y *Stipa neesiana* en el tapiz explicarían parte de la respuesta lograda. Esto coincide además con lo observado por Oliveira e Moraes (1998), quienes encontraron para *Bromus auleticus* respuestas a dosis crecientes de nitrógeno hasta 150 kg N/ha.

Los resultados de producción de biomasa total invernal evidencian además una compensación de los efectos del nitrógeno y la oferta de forraje (Figura 1). En ambientes pobres en nitrógeno, la reposición de las estructuras removidas fue más lenta, probablemente debido a una tasa fotosintética reducida por la escasez de este nutriente, determinando una limitada captación de la energía solar (Nabinger, 1998). Aumentos en la oferta de forraje determinaron residuos más altos, condición que favorece a los tipos cespitosos, mayoría de las gramíneas invernales. Por otro lado, la disponibilidad de nitrógeno utilizable en planta para sustentar la formación de nuevos tejidos aumentó con el incremento en el forraje verde remanente (Boggiano, 2000). Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por Rodríguez (1998), quien encontró una mayor tasa de elongación foliar de *Lolium multiflorum*, *Stipa neesiana* y *Hordeum stenostachys*, tanto en invierno como en primavera, con el incremento de Nitrógeno. Sugieren además, como fue expresado por Whitehead (1995), una mejor capacidad de crecimiento de las especies durante el invierno que determina variaciones en la captura de nitrógeno aplicado, afectando la eficiencia de utilización del nutriente.

En cambio al aumentar los niveles de nitrógeno, se aceleró el ritmo de crecimiento y la producción aumentó al incrementarse la intensidad de pastoreo. Con mayor disponibilidad de nitrógeno, la reposición del área foliar fue más rápida y comenzó antes el sombreado de los estratos inferiores, reduciendo los ritmos de acumulación de forraje (Brougham,

1956). Una remoción más intensa del forraje retrasó el inicio del sombreado, redundando en una mayor acumulación de forraje. Agnusdei *et al.* (2001) y Mazzanti *et al.* (1997), encontraron marcados aumentos en las tasas de acumulación de forraje de los tratamientos fertilizados en invierno y una anticipación entre 20 y 30 días hasta su máxima acumulación. Es de destacar que estos procesos generales a cualquier estación del año, son más intensos en invierno, donde la radiación incidente es interceptada con menor área foliar. Las repuestas obtenidas en la producción de forraje invernal muestran la interacción entre N y OF, ya que la misma se maximizó con alta oferta y baja dosis de fertilizante y con baja oferta y alta dosis de fertilizante.

Si se aplican estos conceptos a las condiciones de producción sobre campo natural en el Uruguay, sin nitrógeno y con asignaciones de forraje inferiores al 3,0 % en invierno, la productividad acumulada invernal sería del orden de los 230 kg MS/ha (Figura 1), valor que refleja las producciones de forraje de la mayoría de los suelos medios de la zona del Litoral (Boggiano *et al.*, 2005). En este contexto son esperables las pérdidas de peso y disturbios reproductivos (Zanoniani, 1997; Carvalho y Batello, 2009), como también la desaparición de especies invernales de mayor calidad (Milot, 1987; Paruelo *et al.*, 2004). Esta menor lozanía de las especies invernales, consecuencia del sobrepastoreo, condiciona una rápida respuesta a un cambio en el manejo del pastoreo (descansos) que compensó y minimizó los efectos de bajas ofertas de forraje.

La tendencia del aumento de carga al disminuir la OF y aumentar la dosis de N se maximiza a valores intermedios del agregado de este nutriente. La utilización de dosis de 150 kg/ha de N con OF del 7,0% permitirían mantener 1,4 UG/ha con una cantidad de forraje desaparecido cercana al mantenimiento, aunque las ventajas económicas y biológicas a largo plazo con dichas dosis podrían ser cuestionables (Figura 2). En este sentido, los trabajos realizados por Cardozo *et al.* (2008) en este experimento a tres años de la última fertilización muestran un incremento en contribución de especies anuales exóticas (*Lolium multiflorum* y *Cardus nutans*) en los tratamientos con dosis mayores de N, que implica

una degradación de la pastura y desestabilización de las comunidades naturales al existir sustitución de especies perennes por anuales.

La calidad del forraje producido (Figura 3), se maximizó con dosis intermedias de fertilizante nitrogenado, bajo cualquier oferta de forraje, aunque la relación I/E tendió a ser más alta bajo intensidades altas de pastoreo (ofertas bajas) que con intensidades bajas. Esto sugiere que con dosis intermedias y ofertas relativamente bajas no sólo aumentaría la producción de forraje respecto a la situación original, sino que además se incrementaría la contribución de especies invernales de activo crecimiento y por lo tanto, la calidad de la dieta ofrecida. Estos cambios en la composición botánica coinciden con los mencionados por Chapin (1980), Tilman (1988) y Berendse *et al.* (1992), quienes reportan la fertilización nitrogenada como una herramienta muy importante para aumentar la productividad otoño-invernal. Además son similares a los encontrados por Berreta *et al.* (1998) sobre suelos de basalto que verificaron aumentos en la contribución de especies de invierno clasificadas como «tipo productivos finos y tiernos» en los tratamientos fertilizados, confirmando lo expresado por Boggiano (2000) y Boggiano y Zanoniani (2003) sobre el manejo de las interacciones existentes entre los nutrientes aplicados, la estación del año y la defoliación para dirigir la sucesión hacia el tipo de pastura deseada. Las actividades relacionadas con un adecuado manejo de la OF y fertilización N que preserven las especies calificadas como tipos productivos finos y tiernos y/o estimulen su reaparición son fundamentales desde el punto de vista productivo.

La interacción entre la oferta de forraje y la fertilización, relativiza la recomendación de que sólo con manejos de pastoreos menos intensos en otoño e invierno se pueda aumentar la producción y promover la contribución de las gramíneas invernales, como lo sugieren Blaser *et al.* (1962), Guillén *et al.* (1990), Millot y Saldanha (1998) y Zanoniani *et al.* (2004). Esta afirmación parece válida con dosis bajas e intermedias de N porque se maximiza la respuesta de la producción de forraje y la relación I/E, pero es cuestionable con dosis altas de fertilización nitrogenada. Además, según lo reportado por Berre-

ta (1996), la composición inicial del tapiz condiciona la rapidez en la respuesta al agregado de N, siendo acumulativa a través de los años.

La maximización de la relación I/E bajo dosis intermedias de fertilización nitrogenada estuvo asociada a la maximización en la cantidad de plantas y macollos de especies invernales como *Bromus auleticus* y *Stipa neesiana*. Dicha respuesta obedecería a que a medida que aumentan las dosis del nitrógeno, se incrementa la cantidad de estas especies, pero bajo dosis muy altas de N las estivales se vuelven más competitivas limitando la capacidad de respuesta de las invernales. Con el aumento de la fertilidad del suelo y el manejo de altas intensidades de pastoreo las cespitosas invernales pierden capacidad de competencia frente a otras especies de dispersión clonal como *Paspalum notatum*, que domina estas áreas y conforma una cobertura densa que dificulta la instalación de nuevas plantas, lo que es coincidente con lo observado por Carvalho *et al.* (2008), Altessor *et al.* (2006) y Formoso y Colucci (2003).

Los resultados obtenidos permiten establecer cómo con medidas de baja inversión es posible aumentar la productividad, lográndose por ejemplo producciones de 850 kg/ha de MS con relaciones I/E de uno, mediante la utilización de 8,0% de oferta y 50 kg/ha de N, lo que permitiría sostener dotaciones entorno a la unidad ganadera por hectárea. Este aumento podría lograrse incrementando el número de animales o aumentando su peso y condición, al obtenerse una utilización del crecimiento de 74%, que mejora el consumo de los excedentes primaverales. Si se tiene en cuenta que estas condiciones no comprometen el desempeño animal (de desarrollo y/o reproductivo) se compensaría la inversión por una mayor producción de peso vivo por hectárea.

Conclusiones

Mediante el manejo combinado de la fertilización y la intensidad de pastoreo se modificó la producción invernal y la contribución de las gramíneas invernales. La interacción del complejo *Bromus auleticus* y *Stipa neesiana* vs *Paspalum notatum* y sus diferentes comportamientos frente a la intensidad de pastoreo fueron los que explicaron dicha variación en la productividad.

La fertilización nitrogenada fue en todos los casos el factor más determinante en la modificación de las variables estudiadas, llegando a provocar respuestas en kg MS/kg N agregado similares a las encontradas en especies comerciales.

La producción del campo natural fue incrementada con el agregado de nitrógeno, lográndose aumentos en la dotación de hasta 1,4 UG/ha de animales en mantenimiento con la utilización de 150 kg/ha de N a una oferta de forraje constante de 9% PV. Sin embargo determinaciones posteriores permiten concluir que dichos niveles provocan una reducción en la biodiversidad y un aumento de especies anuales exóticas (*Lolium multiflorum* y *Cardus nutans*).

Los resultados presentados fueron ratificados en evaluaciones obtenidas en años posteriores (Boggiano et al., 2004, Boggiano et al., 2005, Boggiano y Zanoniani, 2007), confirmando las conclusiones presentadas.

Bibliografía

- Agnusdei M.G., Colabelli M.R. y Fernández Grecco R.C. 2001. Crecimiento estacional de forraje de pasturas y pastizales naturales para el sudeste bonaerense. Boletín Técnico INTA Balcarce (152): 28 p.
- Altamirano A., Da Silva H., Durán A., Echevarría A., Panario D. y Puentes R. 1976. Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay: Clasificación de Suelos del Uruguay. Montevideo: Ministerio de Agricultura y Pesca.
- Altesor A., Piñeiro G.F., Lezama F., Jackson R.B., Sarasola M. and Paruelo J.M. 2006. Ecosystem Changes Associated with Grazing in Subhumid South American Grassland. *Journal of Vegetation Science* 17(3):323-332.
- Ayala W. y Carámbula M. 1994a. Nitrógeno en campo natural. En: Morón A, Risso D.F. (Eds.) Nitrógeno en pasturas. (Serie técnica 51). Montevideo: INIA. p 33-42.
- Ayala W., Carámbula M. 1994b. Respuesta a la fertilización nitrogenada de tres gramíneas sembradas en cobertura. En: Morón A, Risso D.F. (eds.) Nitrógeno en pasturas. (Serie técnica 51). Montevideo: INIA. p 43-48.
- Bemhaja M. 1994. Fertilización nitrogenada en sistemas ganaderos. En: Morón A, Risso D.F. (eds.) Nitrógeno en pasturas. (Serie técnica 51). Montevideo: INIA. p 49-56.
- Berendse F., Elberse W. and Geerte R. H. 1992. Competition and nitrogen loss from plants in grassland ecosystems. *Ecology* 73(1): 46-53.
- Berreta E. 1996. Campo natural: valor nutritivo y manejo. (Serie Técnica 80). Tacuarembó: INIA. p 113-128
- Berreta E., Risso D., Levratto D. y Zamit W. 1998. Mejoramiento de campo natural de basalto fertilizado con nitrógeno y fósforo. En: Berreta E. (Ed). Seminario de Actualización de tecnologías para basalto. (Serie Técnica Nº 102). Montevideo: INIA. p 63-73
- Berreta E. 2005. Producción y manejo de la defoliación en campos naturales de basalto. En: Seminario de Actualización Técnica en manejo de campo natural. Gómez Miller R., Albicette M. M. (Eds.). (Serie Técnica 151). Montevideo: INIA. p. 61-73.
- Blaser R., Harlan J. and Love R. 1962. *Grazing Management in Pasture and Range Research Techniques*. New York: Comstock. p 11-17.
- Boggiano P. 2000. Dinámica de producción primaria da pastagem nativa em área de fertilidade corrigida sob efeito de adubação nitrogenada e asignación de forragem. (Tese Doutorado). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 191 p.
- Boggiano P. y Zanoniani R. 2003. Alternativas para promover las especies deprimidas del Campo Natural. Respuesta otoñal en la estructura poblacional de *Bromus auleticus* Trinus AL. En: I Encuentro de Ecología del Uruguay. Sociedad Zoológica del Uruguay. p 125-126.
- Boggiano P., Zanoniani R., Cadenazzi M., Sevrini M. y Zanoniani M. 2004. Respuesta otoñal en la estructura poblacional de *Bromus auleticus* Trinus a la oferta de forraje y fertilización nitrogenada. En: XX Reunión del grupo técnico regional del Cono Sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical, Grupo Campos. Regional Norte de la UdelaR Uruguay. p 264-265.
- Boggiano P., Zanoniani R. y Millot J. C. 2005. Respuestas del campo natural a manejos crecientes de intervención. En: Seminario de Actualización Técnica en manejo de campo natural. Gómez Miller R., Albicette M. M. (Eds.). (Serie Técnica 151). Montevideo: INIA. p. 105-114.
- Boggiano P. y Zanoniani R. 2007. Efectos de la fertilización nitrogenada y de la intensidad de pastoreo sobre los componentes de la producción de forraje en especies de campo natural. En: Jornada Anual de Pasturas EEMAC. Paysandú: Universidad de la República. p 15-16.
- Bottaro C. y Zavala F. 1973. Efecto de la fertilización mineral NPK en la producción de forraje de algunas pasturas naturales del Uruguay. (Tesis de grado). Montevideo: Facultad de Agronomía. 171 p.
- Brougham R. W. 1956. Effect of Intensity AF Defoliation on Regrowth AF Pasture. *Australian Journal of Agriculture Research*; 7(5):377-387.
- Carámbula M. 1997. Pasturas Naturales Mejoradas. Montevideo: Hemisferio Sur. p 5-45.
- Carvalho P.C.F., Gonda H. L. and Wade M. H. 2008. Características estruturais do pasto e o consumo de forragem: o que pastar, quanto pastar e como se mover para encontrar o pasto. En: 4th Symposium On Strategic Management Of Pasture And 2nd International Symposium On Animal Production Under Grazing: January 2008: Viçosa. p 101-130.
- Carvalho P.C.F. and Batello C. 2009. Access to land, livestock production and Ecosystem Conservation in the Brazilian Campos Biome: The Natural Grasslands Dilemma, *Livestock Science*; 120(1-2): 159-172.
- Cardozo R., Taise K., Boggiano P., Zanoniani R. y Cadenazzi M. 2008. Efecto residual de la fertilización nitrogenada y ofertas de forraje sobre la composición botánica de un campo natural: XXII Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur, Bioma Campos, Minas, Uruguay, Sesión 4. p 206.
- Cayley J. and Bird P. 1991. *Techniques for Measuring Pastures*. Victoria, Australia: Department of Agriculture. 51 p.
- Chapin F. S. 1980. The Mineral Nutrition AF Wild Plants. *Annual Review AF Ecology and Systematics*; 11: 233-260.
- Chapman D.F. and Lemaire G. 1993. Morphogenetic and Structural Determinants AF Plant Regrowth after Defoliation. In: International Grassland Congress, 17, Palmerston North. Keeling & Mundi. p 95-104.
- Cochran W. G. and Cox M. G. 1957. *Experimental Designs*. 2nd. Ed. New Cork: John Wiley. 611 p
- Crempien C. 1983. Antecedentes técnicos y metodología básica para utilizar en presupuestación en establecimientos ganaderos. Montevideo: Hemisferio Sur. p 18-20.
- Daget P.H. et Poissonet J. 1971. Une méthode d'analyse phytologique de prairies : Critères d'application. *Annales Agronomiques*; 22(1):5-41.

- Durán A.** 1985. El medio ambiente. En: Los suelos del Uruguay. Montevideo: Hemisferio Sur. p 47-64.
- Frame J.** 1993. Herbage mass. In. Sward Measurement Handbook, 2 da. Edition, The British Grassland Society.
- Formoso D. and Colucci P.** 2003. Vegetation Changes in Native Plant Communities in Basaltics Deep an Shallow Soils after 10 Years of Grazing Exlosure in Uruguay. In. VII International Rangeland Congresss, Durban, South Africa. p 327-330.
- Gastal F., Lemaire G. and Lestienne F.** 2004. Defoliation, Shoot Plasticity, Sward Structure and Herbage Utilisation. (CD ROM) In: II Simposio em Ecofisiologia das Pastagem e Ecologia do Pastejo, Curitiba.
- Guillen R. L.** 1990. Tiller Defoliation Patterns under Short Durations Grazing in Tallgrass Praire. Journal Range Management; 43(2) p 95-99.
- Maraschin G.E.** 2001. Production Potential of South America Grasslands. In: International Grassland Congress, XIX. São Pedro, SP, Brazil, 2001. Piracicaba: FEALQ. p 5-15.
- Mazzanti A., Marino M., Lattanzi F., Echeverria H. y Andrade F.** 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la calidad del forraje de avena y raigrás anual en el sudeste bonaerense. Boletín Técnico INTA Balcarce (143): 28 p.
- Millot J. C., Risso D. y Methol R.** 1987. Relevamiento de Pasturas Naturales y Mejoramientos Extensivos en Áreas de Ganadería Extensiva. Montevideo: Fucrea-CHPA. Uruguay,
- Millot J. C.** 1991. Manejo del Pastoreo y su incidencia sobre la composición botánica y productividad del campo natural. (Serie Técnica 13). Montevideo: INIA.
- Millot J. C. y Saldanha S.** 1998. Productividad en pasturas naturales sobre Basalto medio. En: XIV Reunión del Grupo Técnico regional Campos. (Serie Técnica 94). Montevideo: INIA.
- Nabinger C.** 1998. Principios de manejo e produtividade de pastagens. En: Ciclo de palestras em produção e manejo de bovinos de corte, 3, 1998, Canoas, RS. Canoas: ULBRA. p 54-107.
- Nabinger C., Dall'Agnol M. e de Faccio Carvalho P.** 2007. Biodiversidade e produtividade em pastagens. (CD ROM) En: Manejo conservacionista de pastagens: um balance de 21 anos de pesquisa, Porto Alegre, Brasil.
- Oliveira J. C. e Moraes C. O.** 1998. Efeito de níveis de nitrogênio sobre a produção e qualidade de materia seca de *Bromus auleticus trinius*. In: Nueremberg, N. y Gomez I. (Eds.) XVII Reunión do Grupo Tecnico en Forrageiras do Cone Sul, Zona Campos.
- Paruelo J.M., Piñeiro G., Altesor A. I., Rodríguez C. y Oesterrheld M.** 2004. Sustentabilidad, desarrollo y conservación de los ecosistemas. En: XX Reunión del grupo técnico regional del Cono Sur en mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical, grupo campos. Regional Norte de la UdelaR, Salto, Uruguay, p 53-61.
- Rodríguez R.** 1998. Fertilización nitrogenada de un pastizal de la pampa deprimida: crecimiento y utilización del forraje bajo pastoreo de vacunos: XI Curso de Posgrado en Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Estación Experimental Agropecuaria de Balcarce, INTA, Argentina, 135 p
- Rodríguez R., Saldanha S., Andion J. y Vergnes P.** 2004. Fertilización de campo natural de basalto: 1. Producción de Forraje. En: XX Reunión del Grupo Técnico Campos, Regional Norte UdelaR, Uruguay. p 298-299
- Rosengurt B.** 1979. Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Montevideo: Facultad de Agronomía. p 1-86
- SAS.** 1996. SAS/STAT: Users 's guide. Cary: SAS Institute.
- Tilman.** 1988. Plant Strategies and the Dynamics and Structure of Plants Communities. New Jersey: Princeton University. p. 52-97.
- Tothill J., Hargreaves J. and Jones R.** 1978. A Comprehensive Sampling and Computing Procedure for Estimating Pasture Yield and Composition. Tropical Agronomy Technical Memorandum Nº 8. CSIRO. 20 p
- Whitehead D.C.** 1995. Grassland Nitrogen. Wallington: CABI.
- Zanoniani R.** 1997. Campo Natural: Síntomas de degradación productiva y medidas preventivas para su control. Paysandú: Cangué (10). p 22-26.
- Zanoniani R., Zibil S., Ernst O. y Chilibroste P.** 2004. Manejo del pastoreo y producción de forraje: resultados del monitoreo realizado en el año 2003. En: Proyecto «Interacción Alimentación – Reproducción», Informe Final 2003. Montevideo: CONAPROLE. p 25-34.