

**Universidad de la República
Facultad de Agronomía**

**EFFECTO DE LA OFERTA DE FORRAJE Y LA FERTILIZACIÓN
NITROGENADA SOBRE LA PRODUCTIVIDAD
OTOÑO INVERNAL DE UN
CAMPO NATURAL DEL LITORAL**

por

Ramiro A. Zanoniani

**Tesis presentada como uno
de los requisitos para obtener
el título de Magister en
Ciencias Agrarias opción
Ciencias Animales**

**Octubre 2009
Paysandú
Uruguay**

PÁGINA DE APROBACIÓN

Orientador: Ing. Agr. Dr. Pablo Boggiano

Tribunal:

Fecha: 30/10/09

Autor: Ing. Agr. Ramiro A. Zanoniani

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. Dr. Pablo Boggiano, tutor de este trabajo de tesis, por su orientación permanente en la realización de la misma.

A la Ing. Agr. Mónica Cadenazzi por la orientación en los análisis estadísticos de los resultados obtenidos.

Al Ing. Agr. Daniel Formoso por sus aportes técnicos para la discusión de este trabajo

TABLA DE CONTENIDO

Página de aprobación.....	II
Agradecimientos.....	III
Listas de cuadros y figuras.....	VI
RESUMEN.....	1
SUMMARY.....	2
1- INTRODUCCIÓN.....	3
- Importancia del nitrógeno en la producción de las pasturas naturales.....	5
- Efecto del pastoreo sobre la producción de las pasturas naturales.....	10
- Objetivo del trabajo.....	14
2- MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
- Descripción del sitio experimental.....	16
- Diseño experimental.....	17
- Manejo del experimento.....	21
3- RESULTADOS.....	24
a) Composición botánica promedio de la pastura	25
b) Producción y utilización de la biomasa verde invernal.....	26
c) Relación Invernal/Estival.....	30

d) Carga y forraje desaparecido en % Peso vivo.....	32
e) Densidad de plantas y macollos en dos especies invernales	36
e.1) <i>Bromus auleticus</i> Trin.....	36
e.2) <i>Stipa setigera</i> Presl.....	39
4- DISCUSIÓN.....	43
5- CONCLUSIONES.....	52
6- BIBLIOGRAFÍA.....	55
7- ANEXOS.....	64

LISTA DE TABLAS y FIGURAS

Tabla Nº	Página
1- Bloques (B), oferta de forraje (OF kg MS/100 kg PV), niveles de nitrógeno (N) en kg/ha de N, tratamiento factorial (F), axial (A), central (C), coeficientes de los niveles de factores y área de los potreros en m ²	19
2- Contribución específica promedio de los diferentes tratamientos al comenzar el experimento.	26
3- Nivel de significación estadística para los efectos estudiados con respecto a la producción invernal de forraje en kg MS/ha	27
4- Nivel de significación para el forraje desaparecido invernal	29
5- Nivel de significación estadística para los efectos estudiados con respecto a la relación E/I	31
6- Nivel de significación estadística para la carga kg PV/ha	33
7- Carga animal, dotación en Unidades Ganaderas y forraje desaparecido en % de peso vivo mantenido.	34
8- Nivel de significación estadística para los efectos estudiados con respecto al número de plantas de <i>Bromus auleticus</i>	37
9- Nivel de significación estadística para los efectos estudiados con respecto al número de macollas/m ² de <i>Bromus auleticus</i>	38

10-	Nivel de significación estadística para los efectos estudiados con respecto al número de plantas/m ² de <i>Stipa setigera</i>	40
11-	Nivel de significación estadística para los efectos estudiados con respecto al número de macollas/m ² de <i>Stipa setigera</i>	41

Figura N°		Página
1-	Respuesta en producción invernal (kg MS/ha) de un campo natural según niveles de fertilización nitrogenada (kg N/ha) y oferta de forraje (OF %PV)	28
2-	Respuesta en la cantidad de forraje desaparecido según dosis de nitrógeno y oferta de forraje	30
3-	Respuesta en IE de un campo natural sometido a niveles de fertilización nitrogenada (kg N/ha) y oferta de forraje (OF %PV)	32
4-	Respuesta de la carga invernal según el nivel de fertilización nitrogenada (kg N/ha) y oferta de forraje (OF %PV)	33
5-	Efecto de la dosis de nitrógeno a igual oferta de forraje en el forraje desaparecido y la dotación animal	35
6-	Efecto de la oferta de forraje a igual dosis de nitrógeno en el forraje desaparecido y la dotación animal	36
7-	Respuesta de la población de plantas (plantas/m ²) de <i>Bromus auleticus</i>	

a la oferta de forraje (OF % PV) y fertilización nitrogenada (kg N/ha)	37
8- Respuesta de la población de macollas (macollas/m ²) de <i>Bromus auleticus</i> a la oferta de forraje (OF % PV) y fertilización nitrogenada (kg N/ha)	39
9- Efecto de la oferta de forraje (OF) y la fertilización nitrogenada (kg N/ha) en la densidad de plantas (plantas /m ²) de <i>Stipa setigera</i>	40
10- Efecto de la oferta de forraje (OF % PV) y del nivel de fertilización nitrogenada (kg N/ha) en la densidad de macollos (macollos/m ²) de <i>Stipa setigera</i> en invierno	42

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía, ubicada en el Km 363 de la ruta nacional N°3, del departamento de Paysandú. El periodo de evaluación se extendió desde abril hasta agosto del 2003, con el objetivo de estudiar la respuesta en la producción invernal de un campo natural bajo diferentes niveles de fertilización nitrogenada y ofertas de forraje (kg MS/100 kg Peso Vivo animal). El experimento fue conducido en un diseño experimental central compuesto rotacional de precisión uniforme, con dos factores a cinco niveles cada uno, siendo estos: nitrógeno (N) = 0, 44, 150, 256, 300 kg/ha y oferta de forraje (OF) = 4,0; 5,5; 9,0; 12,5 y 14 % de peso vivo (PV), que fueron distribuidos en dos bloques. Las parcelas se pastorearon con ciclos de 50 días y periodos de descanso de 45 días. En las mismas se analizó la respuesta en producción de biomasa aérea (kg MS/ha), relación especies invernales/estivales (I/E), número de plantas y macollas/m² de *Bromus auleticus* y de *Stipa setigera* (= *Stipa neesiana*), a niveles crecientes de los factores en estudio. Los resultados obtenidos muestran un mayor efecto del fertilizante nitrogenado que la oferta de forraje en la modificación de las variables estudiadas. Para la producción de forraje invernal se obtuvieron respuestas de 16 kg MS/kg N, similares a las logradas con especies forrajeras invernales cultivadas. La combinación de dosis bajas de fertilizante (50 kg N/ha) con ofertas intermedias de pastoreo (8,0 % PV), permitirían lograr incrementos de producción en invierno de más del doble del promedio de los campos naturales de la zona del Litoral del Uruguay.

SUMMARY

The present research was conducted at the Faculty of Agronomy, located in Paysandú, Uruguay. 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 2 blocks. Winter production (kg MS/ha) was the highest with high doses of N and low herbage allowance. Nevertheless, it was also high under low dose of N and high herbage allowance, revealing some sent compensation between both factors. The highest fertilizer use efficiency recorded was 16 kg MS/kg N, 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 (relation I/E), which turned out to be the highest with intermediate doses of N. As a consequence, the combination of low levels of N (50 kg/ha) with intermediate herbage allowance (8.0 % PV), allowed to double the average winter production of the native pasture of the West Uruguay.

1- INTRODUCCIÓN

Como consecuencia de la interacción del clima, el suelo y la utilización, la vegetación del Uruguay es predominantemente herbácea. Las comunidades más conspicuas son de gramíneas de mediano y alto porte, a las que aparecen asociadas leguminosas y graminoides. Con ellas se alternan malezas arbustivas de mayor porte, integrando todas un complejo ecosistema con macro, meso y micro organismos de rol no muy conocido (Millot et al., 1987). Como resultado de esta asociación los Campos Naturales conforman 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 (Berretta, 1996)

A pesar de la gran diversidad florística entre suelos y zonas del Uruguay, existen características comunes a los campos naturales: a) baja proporción de leguminosas y b) relaciones de gramíneas invernales y estivales, que favorecen generalmente a las segundas (Carámbula, 1997). Por otra parte, c) los suelos en los cuales se apoyan son moderadamente ácidos y poseen contenidos bajos de nutrientes, limitando seriamente su productividad en los períodos de baja actividad biológica. Esas tres características determinan escasa producción invernal, en promedio de 4,4 kg MS/ha/día (Boggiano et al., 2005), y baja calidad del forraje ofrecido en primavera-verano. Al mismo tiempo, la agricultura, la quema y el pastoreo con una carga constante de ovinos, vacunos y equinos, ha provocado la degradación, y la consecuente disminución de la productividad de las pasturas naturales (Zanoniani, 1997).

La producción de forraje, al igual que la mayoría de los procesos biológicos, está influenciada por las variables climáticas, que determinan una disponibilidad máxima de recursos durante la primavera y mínima en el invierno. En respuesta a ello el máximo crecimiento de las especies se produce durante la primavera (y a

veces el verano) y el mínimo en el invierno, determinando una oferta diferencial de forraje durante todo el año. En las condiciones del Uruguay, con cargas fijas de animales durante todo el año, cuando llega el invierno el animal consume fundamentalmente especies invernales con crecimiento disminuido por las bajas temperaturas. Dichas especies se encuentran verdes, con baja altura y alto contenido de proteína, todo lo cual las hace muy palatables. Como con estas especies los animales no alcanzan a cubrir sus requerimientos, también pastorean las plantas estivales con mayor cantidad de restos secos y, por lo tanto, menor calidad. Esta disminución del crecimiento durante el invierno determina una mayor presión de pastoreo, que al continuar en el tiempo provoca un ajuste natural de carga, al determinar la pérdida de peso del animal y/o alterar diversos procesos biológicos productivos y reproductivos (Zanoniani, 1997, Carvalho y Batello, 2009).

Cuando llega la primavera, la producción de forraje aumenta. En respuesta a ello, el animal aumenta de peso y comienza a recuperar estado, provocando un nuevo ajuste temporal de carga. Sin embargo, éste es limitado, ya que rápidamente la disponibilidad de forraje excede notablemente los requerimientos de los animales. Como consecuencia de ello, el animal comienza a rechazar los pastos que se endurecen y acumulan restos secos, recargando su consumo sobre aquellas áreas más verdes y de menor altura. Esta dinámica del pastoreo determina que algunas especies sean pastoreadas 20 o 30 veces por año, mientras que otras tan sólo 2 o 3, provocando la sustitución de las más apetecidas por otras de menor valor (Millot, 1991). La ausencia de un correcto criterio de fijación de carga, promueve períodos de sobre y subpastoreo de las especies y condiciona la futura producción forrajera y del animal. 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 del presente trabajo es evaluar la posibilidad de aumentar la productividad otoño-invernal de un campo natural del litoral, a través de una mejora en su composición botánica y en el comportamiento de las especies de valor forrajero. Para lograr esto, se utilizarán 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.

- Importancia del nitrógeno en la producción de las pasturas naturales

El Nitrógeno es usualmente el nutriente mineral más limitante para el crecimiento de las plantas en los pasturas de zonas húmedas (Morón, 1994). Como consecuencia, la aplicación de fertilizantes nitrogenados constituye una herramienta clave para lograr incrementos en su productividad. La respuesta a la fertilización dependerá de la dosis y momento de aplicación, y estará determinada por la tasa potencial de crecimiento de la pastura, condicionada por su estado y composición botánica. La puesta en práctica de esta opción estará sujeta a las fluctuaciones de precio del fertilizante y del producto animal resultante, determinado a su vez por la respuesta obtenida en la pastura y su eficiencia en el uso del nutriente (Ayala y Carámbula, 1994 a).

El uso de nitrógeno en situaciones de producción de forraje es una herramienta de manejo que permite modificar la distribución de forraje a lo largo del año y cubrir en forma parcial ciertos momentos de deficiencias del mismo. Asimismo, la aplicación fraccionada del nitrógeno permite generalmente una distribución más homogénea de la producción, una prolongación del período de crecimiento y la promoción de crecimiento temprano de la pastura que, a su vez, posibilita obtener pastoreos anticipados (Bottaro y Zabala, 1973, Díaz-Zorita, 1997). Los efectos de la fertilización nitrogenada sobre la producción de forraje y su estacionalidad están asociados a su capacidad para promover la producción de materia seca y generar cambios fenológicos y florísticos importantes en la comunidad.

La capacidad que posee una pastura para producir forraje depende de la disponibilidad de nutrientes y agua, pero fundamentalmente del grado de explotación que haga de la radiación foliar a través de sus hojas (Gastal et al., 2004). Dado que las especies sub - tropicales y tropicales poseen un potencial de producción mucho mayor que las templadas, es evidente que, a igualdad de eficiencia en el uso de los nutrientes, sus requerimientos nutricionales serán más altos que los de las templadas. Esta afirmación encuentra sustento en el hecho de que, mientras para la producción de materia seca en las especies templadas hay respuesta casi lineal hasta dosis de 350 kg N/ha; en las sub - tropicales hay respuestas hasta los 1800 kg N/ha (Carámbula 1997).

Sin embargo, esos valores de respuesta esperada a la fertilización son sólo orientativos, ya que la misma depende marcadamente de las especies que integren la pastura y las características edáficas del sitio (Díaz- Zorita 1997). Así, por ejemplo, Oliveira y Moraes (1998) trabajando con distintas dosis de nitrógeno (0, 50, 100 y 200 kg/ha) encontraron que *Bromus auleticus* responde a aplicaciones de dosis crecientes de nitrógeno hasta aproximadamente 150 kg N/ha. También Soares et al. (1998) mencionan datos similares para la misma especie. Por su parte Costa (1997) trabajando con *Paspalum notatum* logró obtener más de 14000 kg MS/ha/año con fertilizaciones de hasta 500 kg/ha de urea. Steiner (2006) reporta producciones hasta 18000 kg MS/ha/año de *Paspalum guenoarum*. También Boggiano et al. (2000) y Boggiano et al. (2001) corroboraron estos resultados demostrando la importancia de la interacción entre la dosis de fertilizante aplicado, la oferta de forraje utilizada y los mecanismos morfogenéticos involucrados en dichas respuestas.

Con referencia a la vegetación y tipo de suelo, Termezana y Carámbula (1971) encontraron respuestas distintas para suelos superficiales de Basalto. Los Litosoles negros presentaron respuesta significativa sólo a dosis altas de N, en tanto los Litosoles rojos respondieron a todos los niveles de N, y no respondieron

a la adición de P y K. Bemhaja (1994) cita aumentos en la producción de forraje hasta aplicaciones de 120 kg N/ha en pasturas naturales sobre suelos de Basalto y de Areniscas de Tacuarembó.

El efecto de la época de aplicación también resulta ser importante para predecir la eventual respuesta de las pasturas a la fertilización nitrogenada. Ayala y Carámbula (1994b) encontraron valores para eficiencia de utilización de N próximos a 19 kg MS/kg N en campo natural con introducción de gramíneas de invierno. En otros trabajos Ayala y Carámbula (1994a) observaron que la eficiencia varió según la estación del año, de 14 kg MS/kg N para verano y 1,5 kg MS/ kg N para invierno. Berretta (1998) trabajando con pasturas naturales de Basalto fertilizadas con 96 kg N/ha/año y 40 kg P₂O₅/ha/año, detectaron efectos acumulativos para la producción anual de forraje (kg MS/ha) del primer al segundo año. Por su parte, Agnusdei et al. (2001) determinaron que las tasas de acumulación de forraje de los tratamientos no fertilizados, fueron aproximadamente triplicadas con dosis de 100 a 150 kg N/ha en aplicaciones invernales (fines de julio – principios de agosto), y permitieron anticipar la máxima acumulación de forraje de los verdeos entre 20 y 30 días (Mazzanti et al., 1997). Es esperable que la fertilización nitrogenada otoñal incremente el crecimiento de forraje en mayor proporción que una dosis similar aplicada a fines de invierno, período en el cual la disponibilidad de formas asimilables de nitrógeno es extremadamente baja (Mazzanti et al., 1997).

Rodríguez (1998) en Balcarce encontró que la fertilización nitrogenada incrementó la tasa de elongación foliar de *Lolium multiflorum*, *Stipa neesiana* (= *Stipa setigera*) y *Hordeum stenostachys*, tanto en invierno como en primavera. Dicho incremento fue del 17% ante una aplicación de 100 kg N/ha. Tal efecto de la fertilización nitrogenada sobre las tasas de elongación podría tener consecuencias en la eficiencia de utilización de los recursos del ambiente. La capacidad diferencial de crecimiento de las especies durante el invierno podría

determinar variaciones en la captura de nitrógeno aplicado y afectar la eficiencia de utilización del nutriente (Whitehead, 1995).

En cuanto al tamaño de las hojas, la fertilización nitrogenada usualmente incrementa el ancho y el espesor de las hojas, con un aumento del volumen por unidad de área foliar y de la longitud de pseudotallos (Wilman y Wright, 1983; Whitehead, 1995). Sin embargo, en el Uruguay no se observaron efectos de la fertilización nitrogenada sobre la tasa de elongación foliar para *Bromus auleticus*, bajo diferentes niveles de nitrógeno (0N vs. 100N). En cambio, en *Stipa setigera* hubo tendencia a aumentar la tasa de elongación (28%) con agregado de nitrógeno (Azanza et al., 2004).

Por su parte, en condiciones naturales se ha observado que la aplicación de nitrógeno tiene pequeño o nulo efecto sobre la tasa de aparición de hojas, variable morfogénica que comanda el desenvolvimiento de las características estructurales de la pastura, determinando la densidad de macollos, e influyendo sobre el tamaño y el número de hojas por macollo (Chapman & Lemaire, 1993). Sin embargo, en los campos uruguayos, la fertilización nitrogenada determinó un incremento significativo en la tasa de aparición foliar para *Stipa setigera* (Azanza et al., 2004). En general, la fertilización nitrogenada incrementa el número de primordios foliares formados por macollo (Wilman y Wright, 1983) y, consecuentemente, el número de hojas por macollo (Whitehead, 1995).

La fertilización nitrogenada promueve usualmente el macollaje. En condiciones no limitantes de disponibilidad de agua y otros nutrientes, el aumento en los niveles de nitrógeno desencadena respuestas positivas en el número de macollos por planta, lo cual a nivel de cubierta vegetal se traduce en aumento del número de macollos por unidad de superficie (Wilman y Wright, 1983). Sin embargo, en ocasiones, tal aumento en el número de macollos no se ve acompañado por un aumento sino por una disminución del número de hojas por macollo, llegando en

algunos casos a producir una sola hoja por macollo (Anslow, 1966). Mazzanti et al. (1994) observaron que altas aplicaciones de nitrógeno incrementaron el crecimiento de los pastos en un 39 % estimado en kg MS/ha, como consecuencia de incrementarse en un 13 % la tasa de crecimiento por macollo y un 21 % la densidad de macollos. En las pasturas la densidad de macollos presente en determinado momento, es resultado del balance entre las tasas de aparición y muerte de macollos (Boggiano et al., 2000). La tasa de aparición de macollos depende de la tasa de expansión de hojas, ya que la yema que va a dar lugar a un nuevo macollo está en la base de las hojas expandidas (Chapman y Lemaire, 1993). Una fertilización con 200 kg de N/ha/año incrementó 6,6 veces el número de macollos en pasturas de *Lolium perenne* defoliadas a intervalos de 4-5 semanas. Para el mismo nivel de N, el aumento de los intervalos entre cortes redujo el número de macollos. Probablemente esta interacción entre la fertilización y la frecuencia de cortes esté determinada por las modificaciones inducidas por el corte en la calidad de la luz. Una señal para que las yemas produzcan un nuevo macollo es una alta relación Rojo/Rojo Lejano (R/RL) y esta señal se reduce a medida que se acumula área foliar en el dosel foliar (Deregibus et al., 1985; Carámbula 1997; Matthew et al., 1999)

Las respuestas de las pasturas naturales a la fertilización nitrogenada, dependen fundamentalmente de la composición florística y del momento de aplicación. El agregado de nitrógeno a las comunidades vegetales afecta su composición botánica (Chapin, 1980, Tillman, 1988 y Berendse et al., 1992), lo cual permitiría su utilización para mejorar la productividad invernal de los sistemas pastoriles del Uruguay. En el Uruguay, las fertilizaciones primaverales determinaron un incremento en la producción de forraje, pero que generalmente no estuvo acompañado con una mayor calidad, dada la promoción de las especies estivales C4 que dominan en las mismas (Bemhaja y Olmos, 1996). En cambio, las fertilizaciones invernales en general presentaron una respuesta menor y dependiente del grado de degradación de la pastura: a mayor deterioro, menor

cantidad de especies invernales promocionadas por el fertilizante agregado (Berretta, 1998, Boggiano y Zanoniani, 2003). En este sentido, Rodríguez et al. (2004) encontraron un incremento de la producción del campo natural con la incorporación de 100 kg/ha de nitrógeno, con un aumento del 50 % de especies invernales, duplicando *Bromus auleticus* su participación en la biomasa aérea.

Trabajando sobre suelos de Basalto y con fertilizaciones de otoño y primavera, Berretta (1998) verificaron aumentos en la contribución de especies de invierno (*Stipa setigera*, *Piptochaetium stipoides* y Ciperáceas) para los tratamientos fertilizados. También encontraron aumentos en la participación de especies clasificadas como “tipo productivos” finos y tiernos. Las actividades que preserven estas especies y/o estimulen la reaparición de las mismas son importantes desde el punto de vista productivo. A su vez, este aumento en el nivel trófico determinó un incremento en el número de especies y por lo tanto un aumento en la biodiversidad frente al testigo sin fertilizar (Boggiano y Berretta, 2006)

Finalmente se debe tener en cuenta que las interacciones existentes entre los nutrientes aplicados con la estación del año y el manejo de la defoliación deben ser explotadas con el fin de alterar las relaciones de competencia entre grupos botánicos y dirigir la sucesión hacia el tipo de pastura deseada (Boggiano, 2000, Quadros et al., 2006).

- Efecto del pastoreo sobre la producción de las pasturas naturales

El pastoreo es el mecanismo más importante a través del cual el animal actúa sobre la heterogeneidad de la pastura, ya sea por la defoliación selectiva la cual resulta de sus preferencias entre especies y entre partes de la planta dentro de las especies, como también por la variación entre la capacidad competitiva entre las mismas dado por alteraciones en el ambiente lumínico y/o de la competencia en la captación de nutrientes (Bullock y Marriot, 2000; Rook y Tallowin, 2003)

El sobrepastoreo ejercido por los animales en plena crisis invernal sobre las especies invernales más productivas y los excesos primavera estivales, ha conducido por efectos sucesivos y acumulativos a pasturas predominantemente primavera – estivo – otoñal. Esta menor producción invernal es explicada, además de las bajas temperaturas, por la disminución y desaparición de especies de ciclo invernal muy apetecidas y perseguidas por el ganado, tales como: *Bromus auleticus*, *Poa lanigera* y *Stipa setigera*, (Carámbula, 1997). Una comprobación de este fenómeno se encuentra en la presencia de muchas de estas especies tiernas y finas en campos vírgenes y de rastrojos muy antiguos o al costado de vías férreas. Sin embargo en los campos de pastoreo pasan inadvertidas por el castigo que le infligen los animales. Dado que florecen muy poco, su probabilidad de repoblación es baja. Como consecuencia, la necesidad de determinar la capacidad de carga óptima de cada zona es fundamental ya sea para obtener mejoras en el ingreso así como también para hacer un uso eficiente de las bondades de las pasturas y aun para mejorarlas (Millot et al, 1987).

La desaparición de las especies invernales y el incremento de las primavera-estivales como resultado del sobrepastoreo determina que la principal limitante de los campos naturales sean los 100 días de invierno dadas las bajas temperaturas y las altas cargas animales que deben soportar en dicha época (Rosengurtt et al., 1938). En este sentido, Altesor et al. (2006) y Formoso y Colucci, (2003), encontraron una mayor proporción de *Stipa setigera* y otras gramíneas cespitosas y/o erectas en parcelas no pastoreadas, frente a la dominancia de gramíneas postradas estivales como *Paspalum notatum*, *Axonopus affinis* y *Stenotaphrum secundatum* y malezas enanas, con escasa presencia de gramíneas tiernas-finas en las parcelas pastoreadas.

El régimen o patrón de defoliación es la variable de mayor influencia sobre la respuesta de la planta al pastoreo. El patrón de defoliación es caracterizado por la intensidad (cantidad de material removido) y frecuencia (número de veces que una

planta es defoliada en un determinado periodo de tiempo) (Guillén et al., 1990). El patrón de pastoreo influye en cuatro parámetros centrales de la pastura: a) rendimiento estacional y total, b) longevidad de las especies, c) composición botánica y d) estado fisiológico de crecimiento (Blaser et al., 1962).

El pastoreo puede estimular o reducir la producción de forraje. Como consecuencia resulta necesario identificar combinaciones en intensidad y frecuencia de defoliación para los cuales exista una adecuada productividad sin deteriorar las pasturas (Nabinger, 2007). Maraschin et al. (1997 y 2001) encontraron en campos nativos estivales manejados en su período de crecimiento una respuesta cuadrática con la oferta de forraje. En la menor oferta, 4 kg MS/ 100 kg de PV (4 % PV), la productividad fue mínima alcanzando los 2075 kg MS/ha, se incrementó la misma a 3488 y 3723 kg MS/ha entre 8 y 12 kg MS/ 100 kg de PV, y bajó a 3393 kg MS/ha en 16 kg MS/ 100 kg de PV. Esta respuesta se relacionó directamente con la eficiencia de la conversión de la energía en cada oferta de forraje que determinó una reducción en radiación interceptada por baja cobertura vegetal a niveles de oferta bajo o prolongación del tiempo de sombreado a niveles de oferta altos.

El manejo del pastoreo también puede modificar también la estacionalidad de la producción. En este sentido, trabajos realizados en pasturas sembradas de predios lecheros comerciales del Uruguay, se encontró un incremento del 30 % en la producción otoño-invernal como consecuencia de modificar el tiempo de rebrote de la pastura (Zanoniani et al., 2004). También en campos naturales sobre Basalto, Millot y Saldanha (1998) encontraron una distinta distribución estacional al variar la frecuencia de pastoreo desde 20 hasta 80 días de descanso.

El efecto del pastoreo sobre la longevidad de las especies y la composición botánica de la pastura es también mencionado por varios autores. Es así que, en evaluación de la vegetación de campo natural sobre cuatro tratamientos de oferta

de forraje (4; 8; 12 y 16 kg MS/100 kg PV) durante cinco años en la Depresión Central, RS, Boldrini (1993) verificó que *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis* presentaron las menores tasas de cobertura en pastoreos menos intensos (16 % PV), lo que sugiere la ventaja competitiva de las especies de porte alto. Otras especies como *Andropogon lateralis*, *Aristida filifolia*, *Paspalum plicatulum* y *Desmodium incanum* fueron beneficiadas por ofertas de forraje intermedias a altas. La estructura espacial del área sufrió profundas modificaciones a lo largo del período. La carga alta (4 % PV) formó una vegetación que lleva a un tapiz bajo de *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis*, o sea especies cuya presencia de estolones ejemplifica estrategias de escape a la intensidad de pastoreo. Con 8 % PV, ocurrió la formación de dos estratos, siendo el inferior bastante denso y el superior ralo, con arbustivas y gramíneas erectas como *Baccharis trimera*, *Vernonia nudiflora*, *Eryngium horridum*, *Aristida laevis* y *Andropogon lateralis*. En los tratamientos de 12 y 16 % PV, el estrato alto se tornó más definido y frecuente, presentando un aspecto de mosaico con lugares pastoreados y otros rechazados. Las áreas rechazadas se encontraron las especies ya citadas encima de otras como *Aristida jubata* y *Erianthus angustifolius*. (Carvalho et al., 2008).

Por otro lado, muchas veces el cambio en la heterogeneidad florística puede determinar alteraciones en el comportamiento ingestivo animal provocando el consumo de especies antiguamente rechazadas y aumentar la productividad animal (Aguinaga, 2004 y Soares et al., 2005). Este aspecto fue altamente correlacionado con una baja oferta de forraje que determinó un mayor consumo de las maciegas y tallos florales de *Andropogon lateralis* en el inicio de su alargamiento determinando una mayor proporción de macollas vegetativas por rotura de dominancia apical y por lo tanto mayor calidad de la pastura.

Por último, el pastoreo afecta las características morfofisiológicas (como tasa de extensión, tasa de aparición y la duración de vida de las hojas), determinando el índice de área foliar (Nabinger et al., 2007). En un experimento con *Festuca*

arundinacea sin pastoreo, Robson (1967) observó que la mayoría de las muertes de las macollos estaban relacionadas directa o indirectamente con la disponibilidad de recursos como luz y nutrientes. Con pastoreo, en cambio, el equilibrio entre aparición y muerte de macollos era fuertemente dependiente del régimen de defoliación, que determina el índice de área foliar (IAF), que influencia las interacciones competitivas por luz y por nutrientes (Lemaire y Chapman, 1996, Eggers, 1999 y Gastal et al., 2004)

La tasa de macollaje frente a la defoliación se relaciona con el ajuste de la población de plantas con el ambiente lumínico. La relación R/RL sirve como señal para indicar el grado de cobertura del suelo por las plantas y la densidad de hojas. Esta señal interactúa con otras relacionadas a la disponibilidad de varios recursos (agua, asimilados, nutrientes) para determinar el grado en que se forman o mueren los macollos. La modificación en la calidad de la luz percibida en la base de las plantas, causada por una absorción diferencial de R o RL por parte de las hojas, aparece como un mecanismo importante para regular la propagación de una pastura vegetativa por medio del macollaje. Mantener una pastura realizando una intercepción completa de luz reduce el macollaje y lleva a una disminución en la densidad de macollos, por otro lado la defoliación más severa promueve el macollaje y mantiene la calidad y el vigor (Deregibus et al., 1985)

- Objetivo del trabajo

En el Uruguay el nitrógeno y el fósforo se encuentran en bajos niveles en la mayoría de sus suelos, limitando el incremento de especies más productivas y de mayor calidad. La utilización de fertilizantes nitrogenados y el correcto manejo del pastoreo son imprescindibles para elevar la escasa producción pecuaria actual. Si bien con la aplicación de fertilizaciones nitrogenadas la mayor producción de forraje se continuará presentando en primavera, la mayor fertilidad permitirá que las especies (estivales) entren en reposo más tarde en el otoño y rebroten más

temprano en primavera. Asimismo se incrementará el macollaje de las especies activas en invierno, reduciéndose de esta manera el período de bajo crecimiento invernal, principal limitante estacional de las pasturas naturales (Berretta et al, 1998)

El presente trabajo forma parte de una serie de experimentos desarrollados a partir del 2002 por la Unidad de Pasturas de la Facultad de Agronomía del Uruguay, para aumentar la productividad de las Pasturas Naturales. El período experimental comenzó el 1 de marzo de 2003 y culminó el 31 de agosto de 2003. Durante el mismo se evaluó el efecto de cinco ofertas de forraje y cinco niveles de fertilización nitrogenada, sobre la productividad otoño-invernal de una Pastura Natural con una adecuada presencia de especies finas y tiernas (Rosengurtt, 1979), invernales como *Bromus auleticus* Trin., *Stipa setigera* Presl. = *Stipa neesiana* Trin. & Rupr. y estivales como *Paspalum dilatatum* Poir. y *Paspalum notatum* Flugé. Mediante estas prácticas se pretende determinar el aumento de la producción de forraje y la variación de la composición florística de estos tapices en respuesta a cada factor y a la combinación de ambos y, por lo tanto, la capacidad de utilización de estas prácticas a nivel de los sistemas de producción. Los objetivos específicos del presente trabajo son:

- Determinar niveles de asignación de forraje que optimicen la productividad de la pastura y la utilización animal, de forma de evitar su deterioro.
- Determinar la respuesta productiva a la fertilización nitrogenada, de forma de orientar su utilización racional.
- Evaluar la existencia y magnitud de las interacciones entre ambos factores.
- Conocer los procesos involucrados en las respuestas, como forma de racionalizar su transferencia productiva.

De esta forma luego de conocidas las respuestas en la producción de forraje invernal, composición botánica de la pastura y las relaciones entre disponibilidad de forraje y sus estimadores, se intentará brindar pautas de manejo que puedan ser utilizadas a nivel productivo.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

- Descripción del sitio experimental

El período de evaluación corresponde al otoño e invierno del 2003 (2º año del experimento), en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (Facultad de Agronomía), en el Km 363 de la ruta General Artigas, departamento de Paysandú, Uruguay (32º 20'9" latitud Sur y 58º long. Oeste, 61 m s. n. m.). La zona de estudio presenta un clima templado, con una precipitación media anual de 1170 mm, distribuidas a razón de 30% en verano, 20% en otoño, 18% en invierno y 24% en primavera. Las temperaturas medias mensuales varían desde 11 en julio a 25 °C en enero (Durán, 1985).

Los suelos del área experimental pertenecen a la unidad San Manuel, formación Fray Bentos con textura limo arcillosa. Conforme a la clasificación de Suelos del Uruguay pueden ser caracterizados como Brunosoles eutrícos típicos, encontrándose Solonetz como suelos asociados (Altamirano et al., 1976). El relieve es de pendientes moderadas y lomadas suaves (Durán, 1985). Datos del análisis de suelo realizados en otoño de 2002 indicaron un pH: 5.8, M.O.: 5,2 %, P: 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 aparición de varias especies indicadoras que así lo caracterizan: *Bromus auleticus*, *Dorstenia brasiliensis* y *Geranium albicans* (Rosengurtt, 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.

- Diseño experimental

Se estudió el efecto de la oferta de forraje y de la fertilización nitrogenada sobre: la producción y utilización invernal de biomasa aérea verde, la contribución de las principales especies, la cantidad de plantas de especies invernales de alto valor forrajero como *Bromus auleticus*, *Stipa setigera* durante el período otoño-invernal.

Para llevar adelante este estudio se aplicaron cinco intensidades de pastoreo medidas como ofertas de forraje (OF) y cinco niveles de fertilización nitrogenada (N), que se describen a continuación:

- a) OF: 4,0; 5,5; 9,0; 12,5 y 14 kg MS/ 100 kg de Peso vivo animal por día.
- b) N: 0; 44; 150; 256; 300 kg de nitrógeno por ha. El nivel 0 de N se refiere al tratamiento que no tiene aplicación adicional de N. Las dosis de 44; 150; 256 y 300 kg N/ha fueron realizadas en cuatro aplicaciones distribuidas en otoño e invierno.

A fin de reducir la magnitud del arreglo factorial resultante (25 tratamientos), se adoptó un delineamiento factorial incompleto de sólo 9 tratamientos. El delineamiento utilizado fue el central compuesto propuesto por Box y Wilson (1951) citado por Cochram y Cox, 1957, con Precisión Uniforme, Rotacional y con los tratamientos distribuidos en 2 bloques ortogonales. El número de tratamientos está dado por la ecuación: $2^k + 2k + 1$, donde k es el número de los factores en

estudio. En este experimento donde $k=2$, tenemos $2^2 + 2 + 1 = 9$ tratamientos. En este delineamiento experimental tenemos 3 grupos de tratamientos:

$2^k =$ tratamientos factorial

$2k =$ tratamiento axial

$1 =$ tratamientos central

El tratamiento central OF= 9,0 % (oferta de forraje de 9,0 Kg MS/100 Kg peso vivo animal) y N=150 kg/ha fue repetido 6 veces, para permitir las estimativas de error experimental y satisfacer la condición de precisión uniforme (cinco puntos centrales) y ortogonalidad de los bloques. La precisión uniforme significa que la variación de respuesta estimada \hat{Y} en el origen es igual a la varianza de \hat{Y} a una distancia unitaria del origen (Riboldi & Nascimento, 1994).

Por otro lado, para que el delineamiento central compuesto sea rotacional, depende de cómo se tome α , lo cual es función del número de puntos en la parte factorial del delineamiento, esto es, $\alpha = (F)^{1/4}$, siendo F el número de puntos en la parte factorial (2^k). Como en este experimento $F = 4$, entonces $\alpha = 1,414$. Esta condición permite que la respuesta sea estimada con la misma precisión para puntos que están a una misma distancia del centro de delineamiento.

Una vez definido el valor de $\alpha = 1,414$ y con los niveles extremos de factores, se definen los niveles correspondientes para α con la ecuación $\varepsilon = (\chi - c) / \Delta i$, siendo ε el valor codificado del nivel χ del factor, χ el nivel del factor, c el nivel del factor del punto central y Δi el intervalo de valores entre c y χ . Para nuestro trabajo tomamos $\varepsilon = \alpha = 1,414$ y determinamos el intervalo Δi ; con Δi se calcula el nivel del factor que corresponde a α .

Las combinaciones de tratamientos son dadas conforme Cochran & Cox (1957), para el delineamiento central compuesto rotacional con dos factores y cinco niveles de cada factor. Para realizar el bloqueo se caracterizó al inicio del experimento la composición botánica mediante el estudio fitosociológico a través del método de punto-transecta (Daget et Poissonet, 1971). El análisis estadístico se realizó mediante taxonomía numérica: 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 del 35 %. Los tratamientos resultantes de la combinación de los niveles de factores y su distribución en los bloques son representados en la tabla 1.

Tabla 1. Bloques (B), oferta de forraje (OF kg MS/100 kg PV), niveles de nitrógeno (N) en kg/ha de N, tratamiento factorial (F), axial (A), central (C), coeficientes de los niveles de factores y área de los potreros en m².

B	OF (kgMS/ 100kg PV)	kg N/ha	Tratamiento	Coeficientes		Área (m ²)
				PP	N	
1	5.5	256	F	-1	1	1607
1	9.0	150	C	0	0	1125
2	9.0	300	A	0	1.414	1125
1	9.0	150	C	0	0	1129
1	12.5	44	F	1	-1	1120
2	4.0	150	A	-1.414	0	1038
2	9.0	150	C	0	0	1151
2	14	150	A	1.414	0	1212
1	9.0	150	C	0	0	1284
2	9.0	150	C	0	0	1427
2	9.0	150	C	0	0	1639
2	9.0	0	A	0	-1.414	1497
1	12.5	256	F	1	1	1477
1	5.5	44	F	-1	-1	2219

Un aspecto fundamental del diseño es la determinación de los niveles extremos de cada factor que permiten expresar respuestas extremas, para esto se consideraron las situaciones normales que se podían encontrar a nivel de producción, pero evitando poner en riesgo la vida animal. En invierno es común encontrar situaciones de pastoreos de limitada oferta de forraje cercanas a 2,0 kg MS/100 kg PV (2,0 % OF), si consideramos que la utilización promedio de la pastura varía desde 30 a 60 %, esto determina que el animal pueda cosechar entre 0,6 y 1,2 % de peso vivo, por lo cual se estaría poniendo en riesgo su vida. De esta forma se situó el punto inferior en 4,0 % de oferta de forraje, bajo el supuesto de que dada alguna limitante en la calidad del pasto ofrecido, la misma no podría determinar perjuicios de consideración al animal. El extremo superior se situó teniendo en cuenta que la producción de forraje de estas pasturas en general triplica en primavera la de invierno, asignándose el valor de 14 % OF.

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 patrimonial desde el punto de vista del germoplasma nativo, como por ejemplo *Bromus auleticus*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum* y *Stipa setigera*.

Después de definir los tratamientos, fue estimada el área de los potreros tal que mantuvieran por lo menos 300 kg PV/día, durante al menos 3 días de pastoreo. Con la producción de las pasturas naturales de la zona, el consumo de cinco animales durante al menos tres días y la probable utilización, se llegó a tamaños de potreros que variaban 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). Todas las variables estudiadas satisfacen la condición de normalidad. 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 pastoreo se utilizó la superficie de respuesta (Myers, 1971), ajustando la ecuación de regresión polinomial cuadrática:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 OF + b_2 N + b_{11} OF^2 + b_{22} N^2 + b_{12} OF * N + b_3 B$$

donde:

\hat{Y} = estimador de respuesta de cada variable

OF= Oferta de forraje

N= Nitrógeno

b_0 = constante

b_1 = coeficiente de regresión linear

b_{11} =coeficiente de regresión cuadrática

b_{12} =coeficiente de regresión de interacción linear de los dos factores

b_3 = coeficiente de los bloques

B= Bloques

- Manejo del experimento

El periodo evaluado en esta tesis comenzó el 1 de marzo de 2003 y culminó 31 de agosto de 2003. Las dosis de nitrógeno fueron aplicadas en forma de urea, corrigiendo en los casos que fuera necesario con aplicaciones de fósforo (P) para alcanzar 10 ppm 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 5 días y períodos de descanso de 45 días, dependiendo de la oferta de forraje disponible en el momento de ingresar los animales. Los animales utilizados fueron novillos o vacas, ajustándose la cantidad de peso vivo de cada parcela a través del número de animales, la cantidad de días de pastoreo y del disponible de la misma.

Las mediciones realizadas sobre la pastura fueron:

a) Composición botánica: Con el objetivo de 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 et Poissonet, 1971). A tal efecto, se marcaron dos transectas fijas de 25 m en cada parcela, en la que se relevaron cada 0,5 metros las especies que son tocadas por un agujero de 0,7 m de longitud. En la Tabla Nº 2 figura la composición botánica promedio de los tratamientos y en el Anexo 1 figura una planilla ejemplo de los datos recabados. Estos datos fueron procesados en planillas en las que se establecen las frecuencias relativas y absolutas de las especies, para posteriormente ser analizadas estadísticamente. El análisis estadístico se realizó mediante taxonomía numérica: el coeficiente de asociación de Jaccard, con aplicación de análisis de Cluster para agrupar pasturas con mayor similitud taxonómica como fue explicado en el ítem esquema experimental.

b) Producción y utilización de la biomasa verde total: Durante el invierno, junio-julio-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 mediante doble muestreo, utilizando un disco calibrado (Cayley y Bird, 1991; Frame, 1993), de 0,50 m de diámetro y 0,22 kg de peso. Para ello se ajustó la relación funcional entre altura del disco con la biomasa aérea debajo del mismo en cada uno de los tratamientos.

Posteriormente en cada potrero se realizaron 30 lecturas de altura de disco, distribuidas en forma sistemática en el área. Las muestras se secaron en estufa durante 48 horas a 60 °C.

Con los datos obtenidos luego del proceso de secado se procedió al cálculo de la disponibilidad de forraje por hectárea, mediante el ajuste de una ecuación de regresión, entre la altura en cm del disco y la cantidad de forraje (Anexo 2). Con la función obtenida se procedió al cálculo de la disponibilidad de forraje por hectárea, aplicando los promedios de altura de cada parcela en la función. El mismo procedimiento se llevó a cabo para la estimación del remanente.

El crecimiento de la pastura es consecuencia del forraje remanente anterior que varió según la intensidad de defoliación (OF), por lo que se determinó por la diferencia entre el forraje disponible actual (D ac) (ajustado por días de ocupación de los animales) y el remanente del pastoreo anterior (R an); $(D ac - R an)$. La suma de los crecimientos corresponde a la producción de forraje y esta dividida el número de días de la estación a la tasa de crecimiento promedio diario. 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 $[(D ac - R ac) / D ac]$ y dividido el crecimiento de forraje permitió calcular el porcentaje de utilización del crecimiento $[(D ac - R ac) / Creç]$. Finalmente la suma de forraje desaparecido por pastoreo permitió calcular el forraje desaparecido total. Las muestras cortadas a su vez se separaron manualmente en verde y seco para diferenciar entre aporte de crecimiento verde de cada pastura

c) Relación especies invernales/especies estivales: Como forma de diferenciar el aporte de las fracciones más importantes (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 (Tothill et al., 1978). Este

método permitió caracterizar la cantidad de biomasa aportada por las especies invernales (I) y estivales (E), calculándose la relación I/E.

d) Carga y forraje desaparecido en % de peso vivo mantenido por ha La suma de los pesos vivos animales ponderadas por el ciclo de pastoreo (ocupación más descanso) de los pastoreos invernales permitió calcular la carga en kg PV/ha para cada tratamiento. El forraje desaparecido diario (FDd) dividido los kg PV/ha de cada tratamiento multiplicado por 100 permitió calcular el porcentaje de forraje desaparecido en porcentaje de PV ($FDd / \text{kg PV/ha} \times 100$).

e) Densidad de plantas y macollos: Se cuantificó el número de plantas y macollos de *Bromus auleticus* y *Stipa setigera* en 15 muestras de forma circular de 0,2 m de diámetro en tres transectas fijas por parcela, a finales de julio del 2003.

3- RESULTADOS

La temperatura promedio del período experimental se encontró por encima de la media histórica en todos los meses a excepción de abril (Anexo 3a). Durante los meses que comprende el período experimental la temperatura media se puede considerar dentro del rango óptimo del crecimiento de las especies invernales (Carámbula, 1997).

Las precipitaciones superaron al promedio histórico en los meses de abril y mayo, fueron deficitarias en junio y julio y finalmente superaron al promedio en agosto, Anexo 3b. 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 encontraron por debajo del promedio histórico, acumulando cerca de 420 mm de desbalance entre precipitación y evapotranspiración potencial.

a) Composición botánica promedio de la pastura

La composición botánica de la pastura puede visualizarse en la Tabla N° 2, en la que figuran las principales especies productivas que aportan a la pastura, tomándose como referencia aquellas especies que superan un tres por ciento de contribución (Dagget y Poisennet, 1971). En la misma se aprecia que sólo 9 especies aportan el 62 % de la contribución específica al recubrimiento del suelo, lo que es coincidente con Berretta (1988), que destaca que en pasturas naturales el número de especies muy productoras que recubren el suelo es alrededor de 10, para diferentes regiones del país. Dentro de las tres especies de mayor contribución se encuentran dos de las especies estudiadas. Es de hacer notar que la contribución de las especies invernales alcanza al 37 % (*Bromus auleticus*, *Stipa setigera*, *Piptochaetium stipoides*, *Piptochaetium montevidense*, *Stipa papposa*), con una contribución del 30 % de especies tiernas y finas, lo que indica un alto aporte invernal a la pastura y una muy buena calidad de la misma. La principal especie estival encontrada fue *Paspalum notatum* la que posee hábito de crecimiento postrado contrastante a las anteriores (que son cespitosas), promocionándose con pastoreos más intensos y frecuentes, lo que a priori supondría un cambio estructural importante como respuesta a los tratamientos en estudio.

El número total de especies relevadas independientemente del valor de su contribución específica fue de 64, por lo que puede considerarse según Nabinger (2007), como una pastura utilizada de forma extensiva. La baja proporción de malezas o hierbas enanas y gramíneas ordinarias indica además que este campo natural se pueda clasificar como poco degradado (Rosengurtt, 1946)

Tabla 2 Contribución específica promedio de los potreros al comenzar el experimento.

ESPECIE	CONTRIBUCION ESPECIFICA %
<i>Bromus auleticus</i>	13
<i>Paspalum notatum</i>	12
<i>Stipa setigera</i>	11
Cyperacea	7
<i>Piptochaetium stipoides</i>	6
<i>Piptochaetium montevidense</i>	4
<i>Stipa papposa</i>	3
<i>Bothriochloa laguroides</i>	3
<i>Bouteloua megapotamica</i>	3
Otras	38

b) Producción y utilización de biomasa verde invernal

La producción invernal de forraje ajustó significativamente al modelo de superficie de respuesta $y = -1069 + 15,6 N + 237 OF - 0,02 N^2 - 0,96 OFxN - 4,91 OF^2$, ($R^2 = 0,76$), se detectaron efectos significativos lineales y cuadráticos del Nitrógeno y la interacción Nitrógeno x Oferta de forraje. Si bien el efecto de la oferta no fue estadísticamente significativa, si presentó efectos numéricos positivos, con una probabilidad del 11 % (Tabla 3) (Anexo 4).

Tabla 3. Nivel de significación estadística para los efectos estudiados con respecto a la producción invernal de forraje en kg MS/ha.

TEST DE COEFICIENTES	GRADOS LIBERTAD	PROBABILIDAD
MODELO	6	0,05 [(*)]
INTERCEPCIÓN	1	0,17
NITROGENO (N)	1	0,0033 [*]
OFERTA DE FORRAJE (OF)	1	0,11
N*N	1	0,042 [*]
OF*N	1	0,015 [*]
OF*OF	1	0,48

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

La superficie de respuesta representada en la Figura 1 permite visualizar la interacción entre Nitrógeno y Oferta, indicando dos tipos de respuesta a la intensidad de pastoreo según el nivel de Nitrógeno agregado, evidenciando efectos compensatorios entre los factores evaluados. Con dosis bajas la producción invernal aumentó al aumentar la OF, en cambio con dosis mayores de N, la producción crece al reducirse la OF. Por su parte con bajos niveles de OF, la producción se vio promovida por el agregado de fertilizante, mientras que con niveles altos de OF, la producción se redujo a medida que aumentó la dosis del fertilizante.

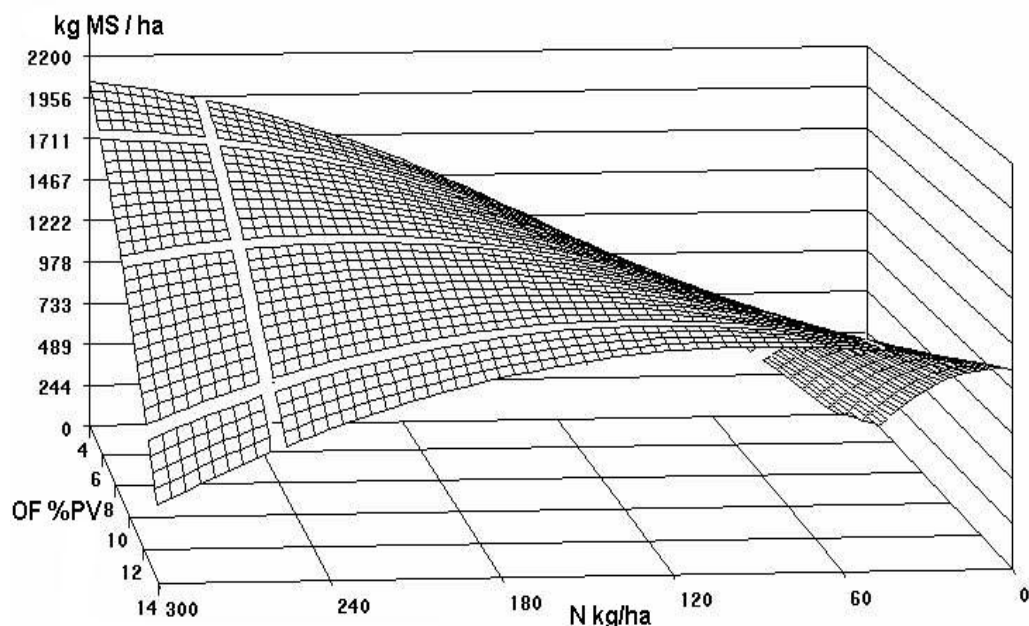


Figura 1. Respuesta en producción invernal (kg MS/ha) de un campo natural según niveles de fertilización nitrogenada (kg N/ha) y oferta de forraje (OF %PV).

Las repuestas obtenidas no permitieron determinar la combinación de factores que maximizó la producción de forraje invernal ya que no existe una inflexión en la curva de ésta. La máxima producción invernal estimada fue de 1650 kg MS/ha, lográndose con una dosis alta de Nitrógeno (274 kg/ha) y la más baja oferta de forraje (4,0% Peso Vivo).

Las tasas de crecimiento promedio para este período ajustaron significativamente a un modelo de superficie de respuesta $y = -12 + 0,18 N + 2,7 OF - 0,0002 N^2 - 0,01 OF \times N - 0,06 OF^2$, ($R^2 = 0,76$), siendo 13,0 kg MS/ha/día el valor medio de todos los tratamientos, mientras que el valor más bajo de 5,6 kg MS/ha/día se correspondió con el tratamiento de 44 kg/ha de N y 5,5 % de OF y el más alto de 17,6 kg MS/ha/día correspondió a 150 kg/ha de N y 9,0 % de OF.

Tanto los porcentajes de utilización del forraje disponible como del crecimiento no presentaron efectos significativos; los valores promedios para el primero se situaron en 45 %. Los valores mínimos fueron para 0 kg N/ha y 9,0 % de OF, 300 kg N/ha y 9,0 % de OF, 256 kg N/ha y 12,5 % de OF, con 38, 39 y 41 % respectivamente y el más alto 256 kg N/ha y 5,5 % de OF con 60 %. En cuanto a la utilización sobre el crecimiento, los valores promedios fueron del orden del 78 %, sin ajuste estadístico del modelo.

La cantidad de forraje disponible ajustó a una ecuación $y = 431 + 8,6 N + 55 OF + 0,012 N^2 + 0,46 OFxN + 3 OF^2$ ($R^2 = 0,70$), mientras que el remanente a una ecuación $y = 755 + 2,1 N - 1,1 OF - 0,005 N^2 - 0,038 OFxN + 2,8 OF^2$, ($R^2 = 0,84$). En ambos casos existió un aumento de la cantidad de forraje al incrementarse la OF y disminuir el N, aunque en menor cantidad para el forraje remanente.

La cantidad de forraje desaparecido ajustó significativamente al modelo de superficie de respuesta $y = -541 + 13,5 N + 99,3 OF - 0,014 N^2 - 0,90 OFxN + 1,41 OF^2$, ($R^2 = 0,69$), se detectó efecto significativo lineal de N y la interacción N x OF (Tabla 4) (Anexo 5).

Tabla 4. Nivel de significación estadística para los efectos estudiados con respecto al forraje desaparecido invernal en kg MS/ha

TEST DE COEFICIENTES	GRADOS LIBERTAD	PROBABILIDAD
MODELO	6	0,10 [(*)]
INTERCEPCIÓN	1	0,49
NITROGENO (N)	1	0,0093 [*]
OFERTA DE FORRAJE (OF)	1	0,49
N*N	1	0,11
OF*N	1	0,03 [*]
OF*OF	1	0,85

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

El forraje desaparecido presentó la misma tendencia que la producción de biomasa evidenciando también efectos compensatorios entre los factores evaluados. Con dosis bajas de nitrógeno el forraje desaparecido aumentó al aumentar la oferta de forraje, en cambio con dosis mayores de Nitrógeno crece al reducirse la oferta forrajera. Por su parte con bajos niveles de oferta, el forraje desaparecido se acrecentó con el agregado de fertilizante, mientras que con niveles altos de oferta se redujo a medida que aumentó la dosis del fertilizante (Figura 2)

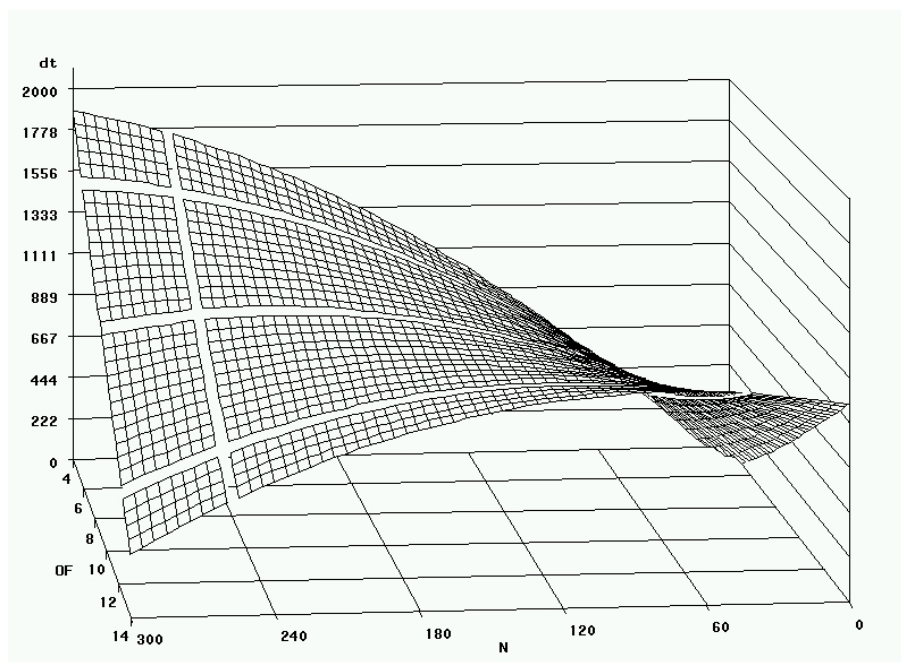


Figura 2. Forraje desaparecido según dosis de fertilizante nitrogenado (kgN/ha) y oferta de forraje (OF %PV).

c) Relación especies Invernales/ especies Estivales (E/I)

La relación I/E ajustó significativamente al modelo de superficie de respuesta $y = -1,13 + 0,03N + 0,19OF - 6,5 \times 10^{-5} N^2 - 1,4 \times 10^{-3} OF \times N + 7,1 \times 10^{-3} OF^2$, ($R^2 = 0,74$), se detectaron efectos significativos lineales y cuadráticos de la dosis de Nitrógeno (Tabla 5) (Anexo 6). La oferta no mostró efectos significativos.

Tabla 5. Nivel de significación estadística para los efectos estudiados con respecto a la relación E/I.

TEST DE COEFICIENTES	GRADOS LIBERTAD	PROBABILIDAD
MODELO	6	0,07 [(*)]
INTERCEPCIÓN	1	0,64
NITROGENO (N)	1	0,027 [*]
OFERTA DE FORRAJE (OF)	1	0,67
N*N	1	0,031 [*]
OF*N	1	0,19
OF*OF	1	0,75

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

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 pueden lograrse contribuciones de las gramíneas invernales que superan en más de tres veces el aporte de las gramíneas estivales.

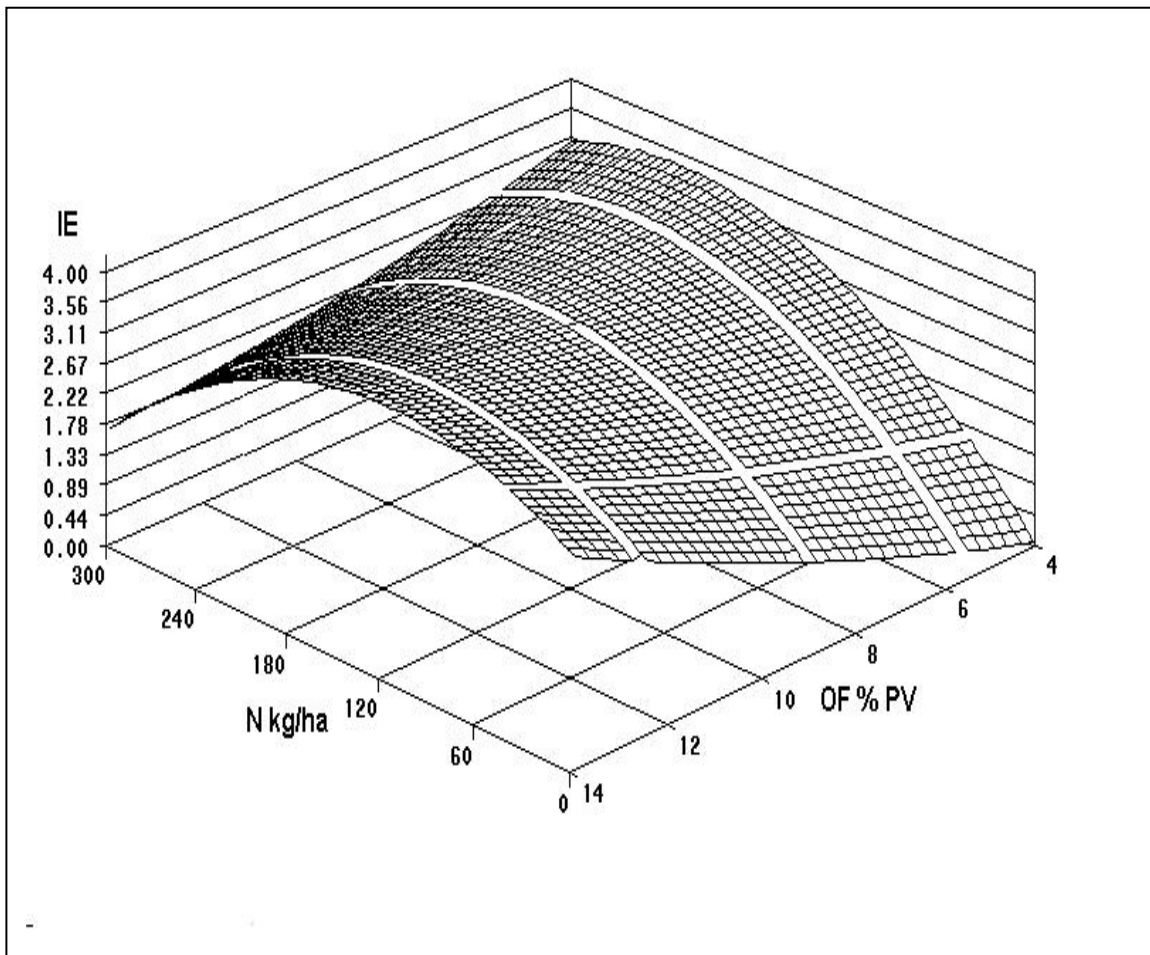


Figura 3. Respuesta en la relación IE a la dosis de fertilizante nitrogenado (kg N/ha) y oferta de forraje (OF %PV).

d) Carga y porcentaje forraje desaparecido diario por kg PV/ha

La carga medida a través del Peso Vivo animal por hectárea ajustó significativamente al modelo de superficie de respuesta $y = 944 + 2,48 N - 131.5 OF - 0,0035 N^2 - 0,131 OF \times N + 6,05 OF^2$, ($R^2 = 0,93$), se detectaron efectos significativos lineales y cuadráticos para todas las variables (Tabla 6) (Anexo 7).

Tabla 6. Nivel de significación estadística para los efectos estudiados con respecto a la carga en kg PV/ha

TEST DE COEFICIENTES	GRADOS LIBERTAD	PROBABILIDAD
MODELO	6	0,0011 (*)
INTERCEPCIÓN	1	0,007 (*)
NITROGENO (N)	1	0,022 (*)
OFERTA DE FORRAJE (OF)	1	0,0037 (*)
N*N	1	0,0853 [(*)]
OF*N	1	0,10 [(*)]
OF*OF	1	0,006(*)

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

Existió un mayor efecto de la oferta de forraje en regular la carga que el fertilizante nitrogenado, lo cual es consecuencia de la propia fijación de los tratamientos (Figura 4).

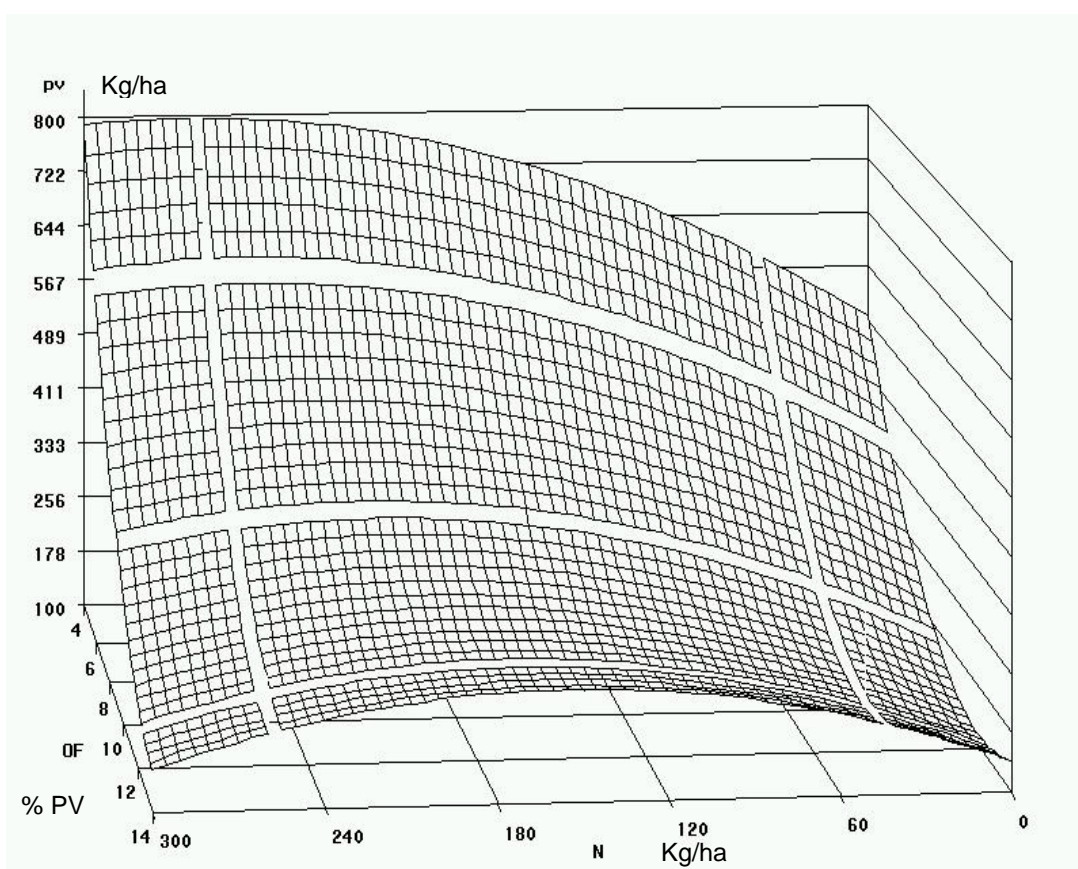


Figura 4. Respuesta de la carga animal (kg PV/ha) en relación a la dosis de fertilizante nitrogenado (kg N/ha) y oferta de forraje (OF %PV).

El estudio de la máxima pendiente en la superficie de respuesta indica que el camino de respuesta de la carga animal sigue la tendencia de aumentar al disminuir la oferta de forraje y aumentar la dosis de nitrógeno. El efecto de la interacción queda en evidencia en la respuesta diferencial del efecto del nitrógeno a altas y bajas ofertas de forraje. A altas OF la respuesta al agregado de N es menor y se maximiza a niveles intermedios del mismo, mientras que a bajas OF la respuesta es mayor y no se maximiza la misma a las dosis de N estudiadas.

El porcentaje de forraje desaparecido por kg de PV mantenido en cada tratamiento, tampoco presentó efectos estadísticos significativos. El porcentaje promedio fue de 2,7 %, teniendo un máximo de 4,2 % en el tratamiento 44 N y 12,5 OF y un mínimo de 1,1 en 44 N y 5,5 % OF.

Tabla 7. Carga animal, dotación en Unidades Ganaderas, forraje desaparecido como % de PV mantenido y forraje disponible y remanente según tratamiento.

Nitrógeno (kg/ha)	Oferta (%PV)	PV (kg/ha)	Dotación UG/ha	Forraje despare- cido en % PV	Forraje Disp. kg MS/ha	Forraje Rem. kg MS/ha
256	5,5	565	1,49	2,2	1449	981
150	9,0	366	1,20	2,9	1555	1123
300	9,0	353	0,93	3,1	1492	1038
44	12,5	299	0,79	4,2	1761	1352
150	4,0	798	2,10	1,6	1491	972
150	14	273	0,72	3,6	1804	1315
0	9,0	259	0,68	1,4	1230	1020
256	12,5	243	0,64	2,5	1433	1327
44	5,5	426	1,12	1,1	1091	951

El estudio del efecto de la fertilización nitrogenada a igual nivel de oferta de forraje (9,0 % OF) indica que existe un aumento tanto de la carga animal como de la dotación a medida que aumenta la dosis de fertilizante hasta aproximadamente

200 kg N/ha, con mayor pendiente hasta los 150 kg N/ha, lo cual está directamente relacionado con el aumento en la cantidad de forraje producido.

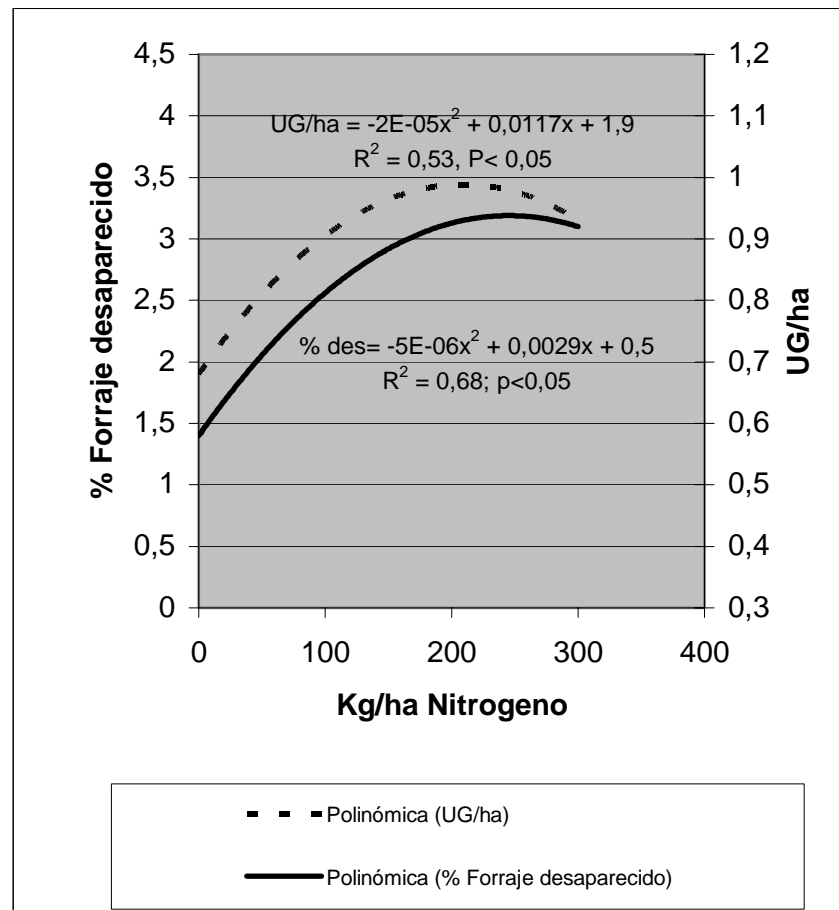


Figura 5. Efecto de la dosis de nitrógeno a igual oferta de forraje en el forraje desaparecido y la dotación animal

El estudio del efecto de la oferta de forraje a igual nivel de fertilizante nitrogenado (150 kg N/ha) (Figura 6), evidencia efectos opuestos entre la dotación en UG y la cantidad de forraje desaparecido. Al aumentar la oferta se reduce la dotación pero aumenta la cantidad de forraje desaparecido por animal, teniendo un corte entre ambas curvas en aproximadamente 7,0 % OF, con una dotación de 1,4 UG y un forraje desaparecido cercano al 2,5 % citado por Berretta como de mantenimiento animal.

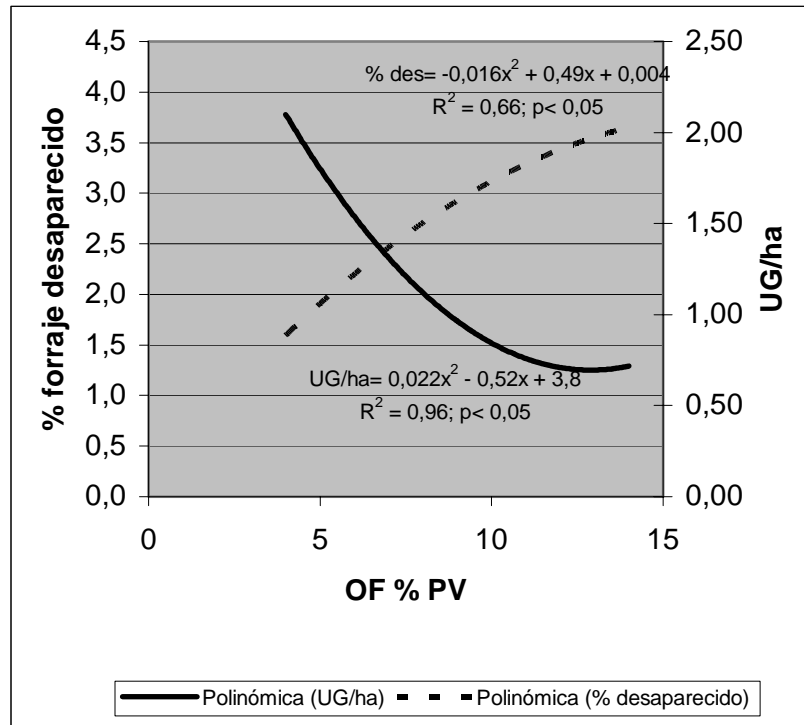


Figura 6. Efecto de la oferta de forraje a igual dosis de nitrógeno en el forraje desaparecido y la dotación animal

e) Densidad de plantas y macollos en dos especies invernales claves

e.1 - Número de plantas de *Bromus auleticus*

La población otoño-invernal de plantas/ m² ajustó significativamente al modelo de superficie de repuesta: $y = 99,5 + 0,6 N - 20,1 OF - 1,8 \times 10^{-3} N^2 + 6,0 \times 10^{-3} OF \times N + 1,3 OF^2$; ($R^2 = 0,86$), se detectaron efectos significativos lineales y cuadráticos para la oferta de forraje y Nitrógeno (Tabla 8) (Anexo 8).

Tabla 8. Nivel de significación estadística para los efectos estudiados con respecto al número de plantas de *Bromus auleticus*

TEST DE COEFICIENTES	GRADOS LIBERTAD	PROBABILIDAD
MODELO	6	0,009 [*]
INTERCEPCIÓN	1	0,086 [(*)]
NITROGENO (N)	1	0,059 [(*)]
OFERTA DE FORRAJE (OF)	1	0,066 [(*)]
N*N	1	0,0096 [*]
OF*N	1	0,79
OF*OF	1	0,031 [*]

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

La población otoñal de plantas de *Bromus auleticus* aumentó desde OF medias a hacia valores extremos, mientras N presentó valores máximos en las dosis medias, independiente del nivel de OF. El valor máximo de 125 plantas/m² se logró con 164 kg N/ ha y 14 % de OF (Figura 7).

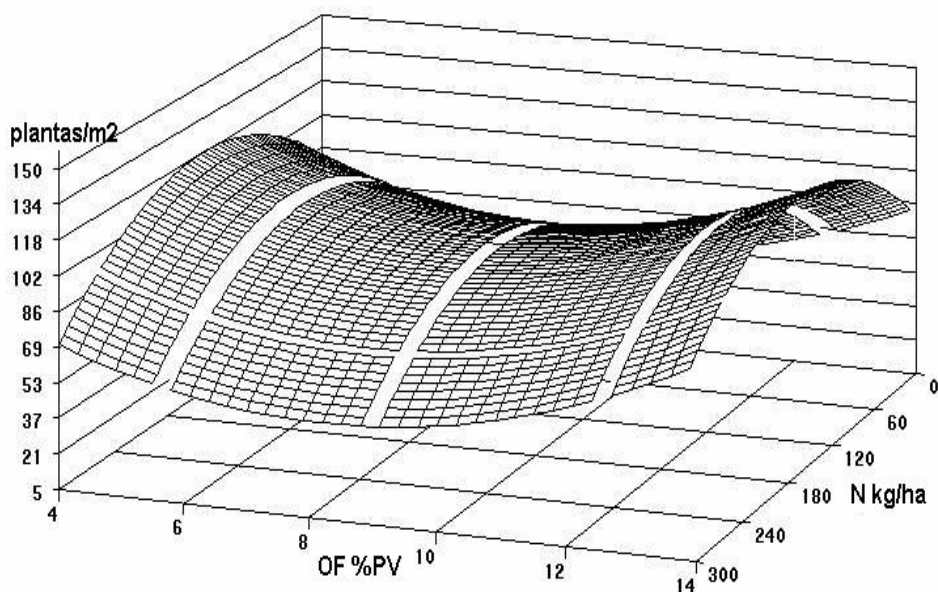


Figura 7. Respuesta de la población de plantas (plantas/m²) de *B. auleticus* a la oferta de forraje (OF % PV) y la dosis de fertilizante nitrogenado (kg N/ha).

e.2 - Número de macollos de *Bromus auleticus*.

La población de macollos/m² ajustó al modelo de superficie de respuesta y = - 123,0 + 8,3 N - 30,7 OF - 0,02 N² - 0,3 OFxN +10,7OF²; (R² = 0,96), se detectaron efectos significativos cuadráticos para la oferta de forraje y la dosis de Nitrógeno (Tabla 9) (Anexo 9).

Tabla 9. Nivel de significación estadística para los efectos estudiados con respecto al número de macollos/m² de *Bromus auleticus*.

TEST DE COEFICIENTES	GRADOS LIBERTAD	PROBABILIDAD
MODELO	6	0,0002 [*]
INTERCEPCIÓN	1	0,76
NITROGENO (N)	1	0,0048 [*]
OFERTA DE FORRAJE (OF)	1	0,69
N*N	1	0,0024 [*]
OF*N	1	0,13
OF*OF	1	0,025 [*]

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

Si bien la respuesta al agregado de N fue significativa, la misma fue de baja magnitud indicando que las máximas poblaciones de macollas podrían lograrse con aplicaciones medias. Por otro lado se encontró una marcada respuesta al aumento en el número de plantas a la reducción en la intensidad del pastoreo, alcanzando poblaciones de 1750 macollas /m² con OF de 14 %PV y 132 kg/ha de N (Figura 8).

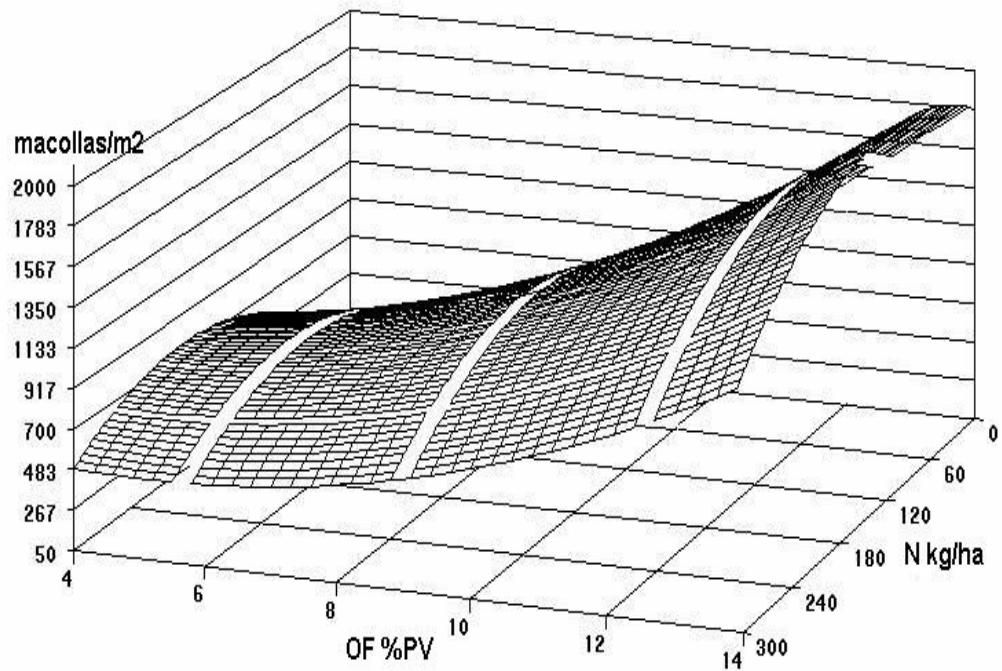


Figura 8. Respuesta de la población de macollos (macollos/m²) de *Bromus auleticus* a la oferta de forraje y la dosis de fertilizante nitrogenado.

e.3 - Número de plantas *Stipa setigera*

La densidad otoño-invernal de plantas (plantas/m²) ajustó al modelo de superficie de respuesta: $y = 229,97 - 9,84 \text{ OF} - 0,94 \text{ N} - 0,05 \text{ OF}^2 + 0,04 \text{ NxOF} + 0,001 \text{ N}^2$; ($R^2 = 0,84$); se detectaron efectos significativos lineal y cuadrático para la dosis de Nitrógeno y la interacción NxOF (Tabla 10) (Anexo 10). El valor máximo de densidad de plantas estimada fue de 162 plantas/m², con OF= 6,5 % PV y N= 3,3 kg N/ha (Figura 9).

Tabla 10. Nivel de significación estadística para los efectos estudiados con respecto al número de plantas/m² de *Stipa setigera*

TEST DE COEFICIENTES	GRADOS LIBERTAD	PROBABILIDAD
MODELO	6	0,02 [*]
INTERCEPCIÓN	1	0,018 [*]
NITROGENO (N)	1	0,006 [*]
OFERTA DE FORRAJE (OF)	1	0,30
N*N	1	0,034 [*]*
OF*N	1	0,08 [(*)]
OF*OF	1	0,92

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

El efecto de la interacción fertilizante y oferta de forraje se evidencia en la caída de la densidad a medida que aumenta la dosis de Nitrógeno bajo niveles bajos de OF. Esto se contrapone al incremento de la densidad a dosis extremas de N (bajas o altas) que se registra bajo ofertas elevadas de forraje. Por su parte la densidad aumenta a medida que aumenta la oferta de forraje a dosis bajas de N y lo contrario ocurre a dosis altas (Figura 9).

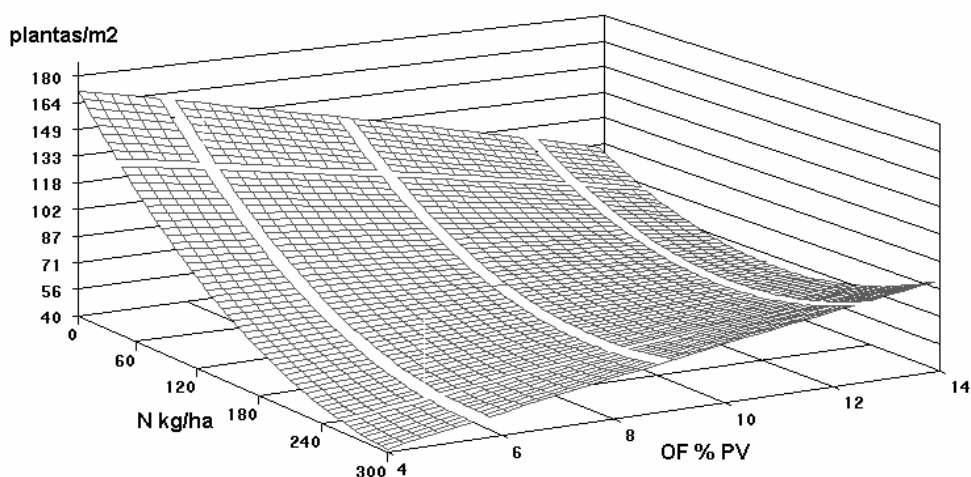


Figura 9. Efecto de la oferta de forraje (OF) y la fertilización nitrogenada (kg N/ha) en la densidad de plantas (plantas /m²) de *Stipa setigera*

e.4 - Número de macollas de *Stipa setigera*

El número de macollas/m² ajustó significativamente al modelo de superficie de respuesta $y = -1163,5 + 379,5 \text{ OF} + 16,4 \text{ N} - 15,6 \text{ OF}^2 - 1,0 \text{ N} \times \text{OF} - 2 \times 10^{-2} \text{ N}^2$ ($R^2 = 0,78$). Se detectaron efectos significativos lineales y cuadráticos de la oferta de forraje y dosis de N y para la interacción N x OF (Tabla 11) (Anexo 11).

Tabla 11. Nivel de significación estadística para los efectos estudiados con respecto al número de macollas/m² de *Stipa setigera*.

TEST DE COEFICIENTES	G. LIBERTAD	PROBABILIDAD
MODELO	6	0,044 [*]
INTERCEPCIÓN	1	0,22
NITROGENO (N)	1	0,0071 [*]
OFERTA DE FORRAJE (OF)	1	0,048 [*]
N*N	1	0,04 [*]
OF*N	1	0,029 [*]
OF*OF	1	0,095 [(*)]

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

La interacción OFxN indica que con altas ofertas de forraje el incremento en las dosis de nitrógeno produjo una reducción del macollaje, mientras que lo opuesto ocurrió con bajas ofertas de forraje. Asimismo con bajas dosis de N, el macollaje aumentó a medida que aumentó la oferta de forraje, mientras que lo opuesto ocurrió con altas dosis de fertilizante. El máximo número de macollos (1800 macollos/m²) se registró a mínimos de OF (4,2 % PV) y altas dosis de nitrógeno (260 kg N/ha). Es de destacar que en el extremo opuesto, alta oferta y baja dosis de fertilizante, la densidad de macollos de *Stipa setigera* fue también alta (Figura 10).

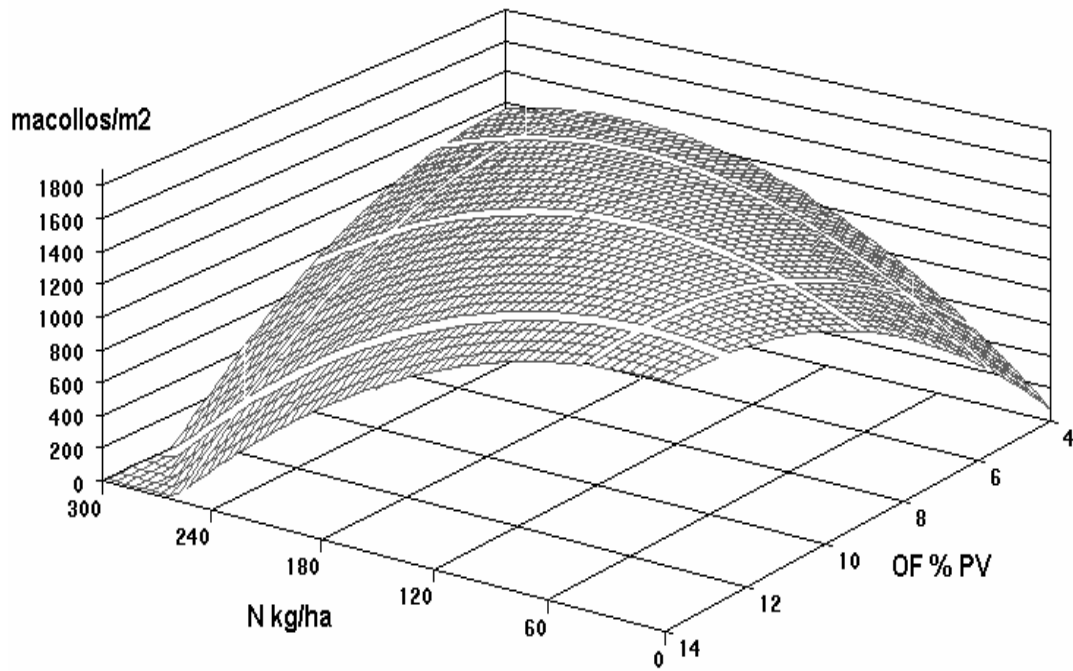


Figura 10. Efecto de la oferta de forraje (OF % PV) y de la dosis de fertilizante nitrogenado (kg N/ha) en la densidad de macollos (macollos/m²) de *Stipa setigera* en invierno.

4- DISCUSIÓN

La producción de forraje se incrementó como consecuencia de la aplicación del fertilizante nitrogenado en condiciones de alta intensidad de pastoreo (baja oferta de forraje). Sin embargo, con baja intensidad de pastoreo, la fertilización redujo la productividad. Esto condiciona la aplicación de altas dosis y confirman la necesidad de adecuar la intensidad de uso para lograr respuestas eficientes (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.

Estos resultados evidencian una compensación de los efectos del nitrógeno y la asignación de forraje (Figura 1). Con un ambiente pobre en Nitrógeno, la reposición de las estructuras removidas fue más lenta, probablemente debido a que la tasa fotosintética se encuentra limitada por la escasez de este nutriente, determinando una baja captación de la energía solar (Nabinger, 1998). Aumentos en la oferta de forraje determinaron remanentes más altos con menor remoción del área foliar y de los pseudotallos, condición que favorecerá principalmente 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. 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 mayor capacidad de crecimiento de las especies durante el invierno que determina variaciones en la captura de nitrógeno aplicado y afecta positivamente 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, que se logró con ofertas de forraje menores, determinó un retraso en el inicio del sombreado, manteniéndose más tiempo en crecimiento que redundó en una mayor acumulación de forraje. Resultados similares fueron obtenidos por Agnusdei et al. (2001) y Mazzanti et al. (1997), quienes encontraron marcados aumentos en las tasas de acumulación de forraje de los tratamientos fertilizados en invierno con una anticipación entre 20 y 30 días para lograr su IAF óptimo y por lo tanto la necesidad de ingresar a pastorear antes. 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 no permitieron determinar la combinación de factores que maximiza la producción de forraje invernal ya que la misma se maximizó bajo dos intensidades opuestas: alta oferta y baja dosis de fertilizante y baja oferta y alta dosis de fertilizante. Este comportamiento confirma que el factor determinante en ambos extremos pudo ser la intercepción de radiación solar que determina mayores eficiencias de producción (Nabinger, et al., 2007). Por otro lado, sugiere que los niveles estudiados no permitieron la expresión de su máxima respuesta y determina la redefinición de los mismos en nuevos experimentos.

La respuesta en producción de forraje al nivel del Nitrógeno agregado duplica los valores obtenidos por autores como Bemhaja (1994) quien había logrado incrementos en la producción de MS sólo hasta aplicaciones de 120 kg N/ha. Por otro lado, la eficiencia de 16 kg MS/kg N bajo intensidades altas de pastoreo confirma el potencial productivo de algunas especies componentes de nuestras pasturas naturales, ya que igualan los valores obtenidos para especies introducidas (Ayala y Carámbula 1994b). La gran diferencia con los valores

encontrados por Ayala y Carámbula (1994a) (16 kg frente a 1,5 kg MS/kg N) indica además una alta variación de la capacidad de respuesta relacionada a la composición botánica original del campo natural y pone en evidencia la necesidad del conocimiento de las especies nativas y los grupos funcionales presentes en cada pastura como forma de racionalizar el uso de insumos normalmente costosos, como afirman Quadros et al. (2006). En este caso, la contribución de *Bromus auleticus* y *Stipa setigera* en el tapiz de alrededor de 100-200 pl/m² explicó en gran parte la buena respuesta lograda. Esto coincide con lo observado por Oliveira y Moraes (1998) quienes encontraron para la primera de las especies, respuestas a aplicaciones de dosis crecientes de nitrógeno hasta aproximadamente 150 kg N/ha.

Si trasladamos estos conceptos a las condiciones de producción sobre campo natural en el Uruguay, sin la aplicación de nitrógeno y ofertas de forraje que difícilmente superen el 3,0 % en invierno, vemos que la productividad acumulada invernal sería del orden de los 2,56 kg MS/ha/día (Figura 1), un 26 % de los requerimientos de una Unidad Ganadera. En este contexto es explicable el perjuicio que genera esta situación sobre los animales, con pérdidas de peso y disturbios reproductivos (Zanoniani, 1997), como también la disminución de especies invernales de mayor calidad por sobrepastoreo y su consecuente pérdida de productividad (Millot, 1987). Esta menor lozanía de las especies invernales, condiciona una rápida respuesta a un cambio en el manejo del pastoreo, lo que pudo explicar el menor efecto de la oferta de forraje, por otro lado, a diferencia del pastoreo continuo, la utilización de períodos de descansos entre pastoreos pudo haber reducido los efectos de bajas ofertas de forraje y limitado su respuesta.

El aumento en la intensidad de pastoreo por menor oferta de forraje, determinó menores remanentes que limitaron el crecimiento de forraje en los siguientes pastoreos, reduciendo la cantidad de forraje disponible posterior. Este

efecto fue mayor cuanto menor es la cantidad de N agregado. Similar tendencia mostró el forraje desaparecido durante el invierno, evidenciando también efectos compensatorios. A dosis bajas de Nitrógeno el forraje desaparecido aumentó al aumentar la oferta de forraje, lo cual como fue mencionado para la producción de forraje, podría ser consecuencia de que los remanentes más altos (por menor remoción del área foliar y de los pseudotallos), favorecerían principalmente a los tipos cespitosos, mayoría de las gramíneas invernales y por lo tanto mejoran tanto la cosecha de forraje verde por parte del animal, como la capacidad de crecimiento de la pastura, al disponer de mayores proporciones de láminas para el rebrote. Por otro lado, la mayor oferta provoca un cambio en la estructura de la pastura (mayor distribución vertical) que favorece una mayor utilización del forraje, lo cual es coincidente con lo expresado por Boggiano (2000).

Con bajos niveles de OF, el forraje desaparecido aumentó con el agregado de fertilizante, dado que este último aceleró la tasa de reposición de tejidos permitiendo a la pastura llegar antes al IAF óptimo y siendo por lo tanto más accesible al animal, aumentando de esta forma el forraje cosechado.

La falta de significación estadística en la tasa de utilización indica un mayor efecto de la producción de forraje sobre el forraje desaparecido que la proporción que el mismo es cosechado. Los porcentajes de utilización promedio sobre el disponible cercanos al 45 % son coincidentes con los obtenidos por Berretta (2005) en experimentos sobre campos naturales de Basalto.

El efecto de la oferta de forraje fue mayor en regular la carga que el fertilizante nitrogenado, lo cual es lógico dado que es consecuencia de la propia fijación de los tratamientos.

La tasa de forraje desaparecido por kg de PV animal promedio fue de 2,7 % y sólo cuatro tratamientos no fueron capaces de lograr el 2,5 % utilizado como

mantenimiento (Berretta, 2005), 150 N y 4,0 % OF (1,6 %), 44 N y 5,5 % OF (1,1), 256 N y 5,5 % OF (2,2 %) y 0 N y 9,0 % OF (1,4), los cuales, a excepción de este último, soportaron las mayores cargas animales. De estos tratamientos el valor más cercano al 2,5 % corresponde al tratamiento de 256 N y 5,5 % OF, indicando la necesidad de aplicar altas dosis de fertilizante si se pretende utilizar altas cargas, dado que sólo con la disminución de la misma no se lograron llegar al mantenimiento animal (0 N y 9,0 % OF), al menos en los rangos estudiados. El efecto del agregado de nitrógeno para permitir cargas más altas cubriendo los requerimientos animales queda demostrado en el tratamiento 44 N y 12,5 % OF, en el que el agregado de una baja dosis y un manejo del pastoreo poco intenso permitió lograr altas dotaciones, lo que sugiere la necesidad de manejar ambas variables para lograr adecuados comportamientos animales.

El camino a recorrer para estas variables indica que existe una tendencia de aumentar la carga al disminuir la oferta de forraje y aumentar la dosis de nitrógeno. Tanto el comportamiento de la disminución de la dotación, como la tasa de forraje desaparecido a medida que aumenta la cantidad de nitrógeno a niveles altos de OF (Figura 5), se relaciona con la disminución de la producción de forraje que se produce en estos tratamientos. La utilización de dosis de 150 kg N/ha con ofertas de forraje del 7,0 % permiten mantener 1,4 UG/ha con una cantidad de forraje desaparecido igual al de mantenimiento animal (Figura 6), sin embargo se debería evaluar las ventajas económicas y biológicas a largo plazo de utilizar dichas dosis. En este sentido trabajos realizados por Cardozo, et al., 2008, en este experimento a tres años de la última fertilización, muestran una mayor contribución de especies anuales exóticas (*Lolium multiflorum* y *Cardus nutans*) en los tratamientos con dosis mayores de N. Esto indicaría una desestabilización de las comunidades naturales al existir sustitución de especies perennes por anuales y un ensuciamiento por malezas de campo sucio.

La relación entre especies I/E (Figura 3), se maximizó con dosis intermedias de fertilizante nitrogenado, bajo cualquier asignación de forraje aunque la relación entre especies I/E es algo mayor en 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 incrementará la contribución de especies invernales y, por tanto, la calidad de la dieta ofrecida. Estos cambios en la composición botánica coinciden con los mencionados por Chapin (1980), Tillman (1988) y Berendse et al. (1992), quienes reportan a la fertilización nitrogenada como una herramienta muy importante para aumentar la productividad otoño-invernal. Además son similares a los encontrados por Berretta (1996) sobre suelos de Basalto que verificaron aumentos en la contribución de especies de invierno (*Stipa setigera*, *Piptochaetium stipoides* y ciperáceas) para los tratamientos fertilizados, con aumentos en la participación de especies clasificadas como “tipo productivos finos y tiernos”. Esto confirma lo expresado por Boggiano (2000) en referencia a que las interacciones existentes entre los nutrientes aplicados, la estación del año y el manejo de la defoliación deben ser explotadas con el fin de alterar las relaciones de competencia entre grupos botánicos y dirigir la sucesión hacia el tipo de pastura deseada. Las actividades que preserven estas especies y estimulen la reaparición de las mismas 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 et al. (1998) y Zanoniani et al. (2004). Tal afirmación parece válida en condiciones de dosis bajas e intermedias (maximizan la respuesta de la producción a la OF y la relación entre especies I/E respectivamente), pero no con dosis altas de fertilización nitrogenada. Por otro lado, la condición del tapiz actual

en la que se encontrarían especies que tienen afectada su lozanía, puede condicionar la rapidez de su respuesta al cambio de manejo de la pastura. Esto último es coincidente con lo reportado por Berreta et al. (1998) quien encontró menores respuestas en el primer año a la fertilización y manejo del pastoreo, pero acumulativas a través de los años. En este sentido, una opción productiva interesante sería manejar una combinación de agregado de cantidades bajas de nitrógeno con asignaciones de forraje intermedias, por ejemplo fertilizar en el otoño con dosis de 50 kg N/ha y posteriormente manejar asignaciones del 8,0 %. De esta forma se lograrían relaciones entre especies I/E cercanas a 1,6 y producciones de forraje del orden de los 850 kg MS/ha.

La maximización de la relación entre especies I/E bajo dosis intermedias de fertilización nitrogenada estuvo asociada a la maximización en la cantidad de plantas y macollos de *Bromus auleticus* (Figura 7). Dicha respuesta obedecería a que a medida que aumentan las dosis del Nitrógeno, se incrementa la cantidad de *Bromus auleticus* y *Stipa setigera*, 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 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, Altesor et al., 2006 y Formoso y Colucci, 2003.

El efecto de las ofertas de forraje con respecto al número de plantas de *Bromus auleticus*, habría sido consecuencia de la combinación de dos efectos, por un lado la capacidad de emergencia y rebrote otoñal y por otro su capacidad de sobrevivencia en el período estival. En este sentido los manejos más intensos (OF menores) durante la verano redujeron más la competencia de las estivales ya que se encontraban en período de crecimiento, mientras que *Bromus auleticus* fue

menos perjudicado por presentar semi-latencia estival. Esto determinó que en otoño las parcelas de menor oferta presentaran un tapiz estival menos competitivo para el crecimiento inicial de las invernales, lo que ya fuera destacado por Rosengurtt (1938). En contraposición, en las condiciones de altas ofertas de forraje se promovieron las cespitosas de porte alto como *Bromus auleticus*, que mantuvieron sombreadas a las estivales desde la primavera anterior reduciendo su cobertura. En efecto, las estivales permanecen bajas durante el verano por efecto del sombreado de los restos secos que se acumulan y son poco removidos por el pastoreo, ya que los animales rechazan el material muerto, que permanece hasta el otoño. Se debe considerar que la especie estival de mayor cobertura en esta área es *Paspalum notatum*, que no es buena competidora en condiciones de sombreado. Esto determina que se llegue al otoño con mayor población de plantas de *Bromus auleticus* en las ofertas de forraje (OF) mayores. En OF medias se tendría una condición más favorable para la competencia de las estivales, determinado poblaciones de *Bromus auleticus* menores. La marcada repuesta del número de macollas de esta especie al aumentar la OF de forraje independientemente del nivel de N, sugiere una baja tolerancia de la misma al aumento en la intensidad de pastoreo.

En *Stipa setigera* se encontró una mayor densidad de plantas en los tratamientos con bajos niveles de N y de OF, lo que podría responder a una moderada capacidad de competencia inicial en ambientes intensamente pastoreados siempre y cuando existan bajos niveles de fertilidad. En ambientes más pobres encontraría una vegetación menos densa y menos competitiva permitiendo la instalación de nuevas plantas, favorecida por su sistema de dispersión por sus frutos. Al aumentar la fertilidad del suelo y manejar altas intensidades pierde capacidad de competencia frente a otras especies de postradas como *Paspalum notatum*, que domina estas áreas y conforma una cobertura densa que dificulta la instalación de nuevas plantas. En condiciones opuestas (alta oferta y alto nivel de Nitrógeno) la densidad de plantas aumenta,

dado que el nutriente no es limitante y esta especie de hojas finas y macollos erectos puede competir mejor con *Paspalum notatum* de hábito postrado. Cuando existen bajos niveles de nitrógeno la población disminuye al aumentar la OF debido a que encuentra la competencia de otras especies cespitosas que se comportan mejor en estos ambientes menos iluminados, como ya fue mencionado para el caso de *Bromus auleticus*.

El número de macollos de esta especie aumentó a altos niveles de N al incrementarse la intensidad de pastoreo, resultando la mayor fertilidad y el ambiente lumínico de mayor calidad de radiación en plantas más macolladas. En cambio a altas asignaciones de forraje en ambientes más fértiles se produjo un exceso de forraje que generó sombreado y por lo tanto una baja relación R/ RL en la base de los macollos (Deregibus et al., 1985). En estas condiciones el macollaje se redujo, indicando que la planta está sufriendo cierto grado de competencia por luz debiendo priorizar el creciendo en altura en detrimento del macollaje, coincidiendo con lo mencionado por Robson (1967). Por otro lado, a bajos niveles de N, los macollos aumentaron al reducir la intensidad de pastoreo (mayores OF), como consecuencia de mantener mayor área foliar y mayor disponibilidad de N dentro de la planta, que puede ser redistribuido para formar nuevos macollos posteriormente al pastoreo. Con una menor disponibilidad de nitrógeno, la reposición del área fotosintéticamente activa fue más lenta, por lo que es necesaria una mayor área foliar remanente para mantener similar ritmo de acumulación de forraje en el proceso de rebrote, lo cual coincide en parte con los trabajos de Chapman et al. (1983) que encontraron mayor densidad de macollos de *Lolium perenne* cuando fue pastoreado con carga rotativa que con carga continua. Los resultados obtenidos son similares a los mencionados por Lemaire y Chapman (1996) y por Eggers (1999) en cuanto a la regulación que se puede lograr con pastoreo, ya que el equilibrio entre aparición y muerte de macollos es fuertemente dependiente del régimen de defoliación, determinando el índice de área foliar (IAF) que influencia las interacciones competitivas por luz y por nutrientes.

Finalmente, los resultados obtenidos permiten establecer que con medidas de baja inversión, como el manejo de la oferta de forraje combinado con niveles bajos de fertilizante, es posible aumentar notablemente la productividad, pasando a lograrse por ejemplo con un 8,0 % de asignación y 50 kg N/ha, producciones cercanas a 900 kg MS/ha y relaciones entre especies I/E cercanas a 1,6. Esto permitiría una buena productividad animal ya que la eficiencia de utilización promedio del crecimiento sería del orden del 74 %. Este aumento en la productividad estimada en la situación propuesta permitiría sostener más del doble de la carga promedio existente actualmente, ya sea por un mayor número de animales, como por un mejor peso o estado de los mismos, los que al no presentar disturbios fisiológicos (desarrollo y reproducción) rápidamente compensarán la inversión por una mayor producción de peso vivo por hectárea. Sin embargo, la evaluación de relación de precios entre insumos y productos resulta imprescindible para tomar la decisión de llevar adelante dichas prácticas.

5- 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 setigera* vs *Paspalum notatum* y sus diferentes comportamientos frente a la intensidad de pastoreo y fertilización nitrogenada 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, obteniéndose eficiencias de fertilización, similares a las encontradas con pasturas sembradas (16 kg MS/kg N agregado).

La menor respuesta encontrada para el manejo del pastoreo independiente de la fertilización nitrogenada, sugiere situaciones de stress en las especies presentes producto del continuo sobrepastoreo al que han sido sometidas por largos períodos de tiempo, limitando la expresión de cambios rápidos en la productividad invernal de las pasturas. En este sentido, la utilización de bajas ofertas de forrajes (menores a 9 % OF) sin agregado de nitrógeno, surgen como limitantes para la producción de forraje y por lo tanto la productividad animal.

La producción del campo natural aumentó con el agregado de nitrógeno, lográndose incrementos en la dotación de hasta 1,4 UG/ha de animales en mantenimiento con la utilización de 150 kg N/ha a una OF constante de 9,0 % PV. Sin embargo determinaciones posteriores permiten concluir que dichos niveles provocan una reducción en la riqueza de especies y un aumento de especies anuales exóticas (*Lolium multiflorum* y *Cardus nutans*).

La estructura poblacional de plantas de *Bromus auleticus* fue modificada con la intensidad de pastoreo y fertilización nitrogenada, con respuestas esperables desde el punto de vista teórico. La repuesta presentada por las macollas de esta especie sugiere que sea imprescindible un manejo poco intenso (OF de forraje moderadas a altas) si se desea mantenerla en el tapiz.

El número de plantas de *Stipa setigera* se relacionó con un efecto de competencia con el resto de las especies del tapiz. Su alta demografía a niveles bajos de fertilidad pueden ubicarla como una especie pionera en la reconstrucción de la productividad invernal. La fertilización nitrogenada interactuó con la intensidad de pastoreo y afectó la densidad de plantas y macollas por planta, permitiendo la expresión de efectos compensatorios en la densidad de macollos.

La utilización de OF intermedias (8,0 %) y fertilizaciones bajas (50 kg N/ha), permitirían aumentar las producciones de forraje (10 kg MS/ha/día), con relaciones

I/E cercanas a 1,6 y un buen aporte de *Bromus auleticus* y *Stipa setigera*, esto posibilitaría duplicar la productividad ganadera invernal actual. Para ello se debería entrar a pastorear con un forraje disponible cercano a 1350 kg MS/ha y alturas con regla próximas a los 6,5 cm y dejar un remanente cercano a 900 kg MS/ha (altura próxima a los 4,2 cm)

Los resultados subrayan la necesidad del conocimiento profundo de las especies componentes del campo natural para racionalizar las prácticas de manejo que permitan recomponer la condición de las pasturas.

8- BIBLIOGRAFÍA

- AGNUSDEI, M.G.; COLABELLI, M.R.; FERNANDEZ GRECCO, R.C., 2001.**Crecimiento estacional de forraje de pasturas y pastizales naturales para el sudeste bonaerense. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce, INTA, Bs. As, Argentina. Boletín técnico N° 152. 28p.
- AGUINAGA, J.A.Q., 2004.** Dinâmica da oferta de forragem na produção animal e produção de forragem numa pastagem natural da Depressão Central do RS. 2004. 58 p.
- ALTESOR, A.; PIÑEIRO, G.F.; LEZAMA, F.; JACKSON, R.B.; SARASOLA, M. Y PARUELO, J. M., 2006.** Ecosystem changes associated with grazing in subhumid South American grassland. *Journal of Vegetation Science* 17:323-332.
- ANSLOW, R.C., 1966.** The rate of appearance of leaves on tillers of the gramineae. **Herbage abstracts**, Farnham Royal, v.36, N°3, p. 149 – 155, 1966.
- ALTAMIRANO, A., DA SILVA, H., DURAN, A., ECHEVARRÍA, A., PANARIO, D. y PUENTES, R. 1976.** “Clasificación de suelos del Uruguay”, Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay, Ministerio de Agricultura y Pesca, Montevideo, Uruguay.
- AYALA, W.; CARAMBULA, M., 1994a.** Nitrógeno en campo natural. In: MORON, A; RISSO, D.F. (Ed.) Nitrógeno en pasturas. Tacuarembó, INIA, 1994 a. p. 33-42, Serie técnica N°. 51.
- AYALA, W.; CARAMBULA, M., 1994 b.** Respuesta a la fertilización nitrogenada de tres gramíneas sembradas en cobertura. In: MORON, A; RISSO, D.F. (Ed.) Nitrógeno en pasturas. Tacuarembó, INIA, 1994b p.43-48, Serie técnica N°. 51.
- AZANZA, A; PANISSA, R. and RODRÍGUEZ, H., 2004.** Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el periodo primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía, 79p.
- BEMHAJA, M. 1994** Fertilización nitrogenada en sistemas ganaderos. In: Morón, A; Risso, D.F. (Ed.) **Nitrógeno en pasturas**. Tacuarembó. INIA, 1994, p. 49-56. Serie técnica N°. 51.

- _____ y **OLMOS, F., 1996.** “Producción de pasturas en Suelos Arenosos”, en “Producción y Manejo de Pasturas” Serie Técnica N° 80 INIA, p. 221-230.
- BERENDSE, F., ELBERSE, W., GEERTE, R. H., 1992.** “Competition and nitrogen loss from plants in grassland ecosystems”. Ecology 73: 46-53
- BERRETTA, E, 1988.** “El pastoreo como herramienta para mejorar la productividad de las pasturas naturales”. Memorias de la IX Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en mejoramiento y Utilización de los recursos Forrajeros del Área Tropical y Sub-Tropical, Grupos Campos y Chaco, Tacuarembó, Uruguay.
- _____, **1996.** “Campo Natural: Valor nutritivo y manejo”, en “Producción y Manejo de Pasturas” Serie Técnica N° 80 INIA, p. 113-128.
- _____, **E., RISSO, D., LEVRATO, D. y ZAMIT, W., 1998.** “Mejoramiento de campo natural de Basalto fertilizado con nitrógeno y fósforo” In. Berreta E., Ed. Seminario de Actualización de Tecnologías para Basalto. INIA Tacuarembó. Serie Técnica N° 102, p 63-73.
- _____, **2005.** “Producción y manejo de la defoliación en Campos Naturales de Basalto”. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural. Treinta y Tres. Anales.....Montevideo: Hemisferio Sur, pp. 61-73. Serie Técnica N° 151.
- BLASER, R., HARLAN, J. y LOVE, R., 1962.** “Grazing management in pasture and range research techniques”. Ed. Cornell University, p. 11-17.
- BOGGIANO, P. 2000** Dinámica de produção primaria da pastagem nativa em área de fertilidade corrigida sob efeito de adubação nitrogenada e oferta de forragem. Porto Alegre, 2000. p. 191 Tese (Doutorado) – Programa de pos – Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- _____; **MARASCHIN, G.E.; NABINGER, C. et al., 2000.** Efeito da adubação nitrogenada e da oferta de forragem sobre a carga animal, produção e utilização da matéria seca numa pastagem nativa do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO DA

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, Viçosa, 2000. Anais...
Viçosa:SBZ. 2000. CD-Rom.

- _____; **MARASCHIN, G.E.; NABINGER, C. et al., 2001.** Herbage allowance and nitrogen fertilization effects on morphological characteristics of *Paspalum notatum* Flüggé. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19th. Proceedings...Piracicaba: FEALQ, 2001. p.60-61.

- _____; **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, ISSN 0255-4402.

- _____; **ZANONIANI, R.; MILLOT, J.C., 2005.** “Respuestas del Campo Natural a niveles crecientes de intervención”, INIA, Serie Técnica N° 151.

- _____y **BERRETA, E., 2006.** “Factores que afectan la biodiversidad vegetal del campo natural”. XXI Reunion del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur, Grupo Campos, pp. 93-104. ISSN 1516-8840.

-**BOLDRINI, I., 1993.** “Dinamica de vegetacao de uma pastagem natural sob diferentes niveis de asignación de forragem e tipos de solos, Depressao Central, RS.” Tesis de Doctorado Facultad de Agronomía da Universidade do Rio Grande do Sul.

-**BOTTARO, C.; ZABALA, F., 1973.** Efecto de la fertilización mineral NPK en la producción de forraje de algunas pasturas naturales del Uruguay. Montevideo, Facultad de Agronomía, 1973. 170 p. Tesis. Facultad de Agronomía, Universidad de la republica, Montevideo, 1973.

-**BROUGHAM, R. W., 1956.** “Effect AF intensity AF defoliation on regrowth AF pasture”. Australian Journal Agriculture Res. 7:377-387

-**BULLOCK, J.M.; MARRIOT, C.A., 2000.** Plant responses to grazing and opportunities for manipulation. In: Rook, A.J.; Penning, P.D. (ed.). Grazing management, the principles and practice of grazing, for profit and environmental gain, within temperate grassland systems. Reading: British Grassland Society, 2000, p. 17-26.

- CARAMBULA, M., 1977.** Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Hemisferio Sur, 464 p.
- _____ , 1997.** Pasturas Naturales Mejoradas, Editorial Hemisferio Sur.
- CARDOZO, R.; TAISE, K.; BOGGIANO, P.; ZANONIANI, R.; 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 pp. 206.
- CARVALHO; P.C.F., MEZZALIRA, J. C.; FONSECA, L.; ET AL., 2008.** Características estruturais do pasto e o consumo de forragem: o quê pastar, quanto pastar e como se mover para encontrar o pasto. In: 4th SYMPOSIUM ON STRATEGIC MANAGEMENT OF PASTURE AND 2ND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANIMAL PRODUCTION UNDER GRAZING, 1, 2008, Viçosa, Anais: PEREIRA, O.G. et al. (Eds.), 2008. p. 101-130.
- _____ y BATELLO, C., 2009.** Access to land, livestock production and ecosystem conservation in the Brazilian Campos biome: The natural grasslands dilemma, Livestock Science, v. 120, p. 159-172, 2009.
- CAYLEY, J. and BIRD, P., 1991.** Techniques for measuring pastures, Department of Agriculture, Victoria Australia, ISBN 0730615316
- COCHRAN, W. G. y COX, M. G., 1957.** "Experimental designs". 2nd. Edition New Cork. John Wiley.
- COSTA, J. A. A., 1997.** Caracterização ecológica de ecótipos de *Paspalum notatum* Flüge var. *notatum* naturais do Rio Grande do Sul e ajuste de um modelo de estimação do rendimento potencial. 1997. 98 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- CHAPIN, 1980.** "The mineral nutrition of wild plants". Annual Review of Ecology and Systematics 11: 233-260.
- CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G, 1993.** Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND

CONGRESS, 17, 1993, Palmerston North. New Zeland Grassland Association; Keeling & Mundi, 1993. P.95-104.

-DAGET, PH. ET POISSONET, J., 1971. “Une méthode d’analyse phytologique de prairies. Critères d’application. Ann. Agron., 22, 1:5-41.

-DEREGIBUS, V.A.; SANCHEZ, R.A.; CASAL, J.J.; and TRLICA, M.J.,1985. Tillering responses to responses to enrichment of red light beneath the canopying a humid natural grassland. *Journal of applied Ecology*. 22:199-206, 1985

-DÍAZ-ZORITA, 1997. “La fertilización de cultivos y pasturas”. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. pp 175 - 182.

-DURÁN, A., 1985. “El medio ambiente”, Los suelos del Uruguay, Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur, Montevideo, Uruguay, pp. 47-64.

-EGGERS, L., 1999. Morfogênese e Desfolhação de *Paspalum notatum* Fl. E *Coelorhachis selloana* (Hanck.) Camus em níveis de oferta de forragem. Porto Alegre, 1999. p. 148 Tese (Doutorado) – Programa de pos – Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomía, Universidade Federal do Río Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

-FORMOSO, D. y COLUCCI, P., 2003. Vegetation changes in native plant communities in basaltics deep an shallow soils after 10 years of grazing exclosure in Uruguay. In. VII International Rangeland Congresss, Durban, South Africa, pp 327-330.

-FRAME, J., 1993. Herbage mass. In. Sward measurement handbook, 2 da. Edition, The British Grassland Society.

-GASTAL, F, LEMAIRE, G., LESTIENNE, F., 2004. Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilization. In: II Simposio em Ecofisiologia das Pastagem e Ecologia do Pastejo, Curitiba. Versión en CD.

-GUILLEN, R. L., 1990. “Tiller defoliation patterns under short durations grazing in tallgrass praire”. *Journal Range Management* 43(2) p 95-99.

LEMAIRE, G. e CHAPMAN, D., 1996. Tissue flows in grazed plant communities. In: Hodson J. e Illius A. W. (ed.) *The Ecology and management of grazing systems*. CAB International, Wallingford, UK. p:3-36

- MARASCHIN, G.E.; MOOJEN, E.L.; ESCOSTEGUY, C.M.D. ET AL., 1997.** Native pasture, forage on offer and animal response. XVIII International. Grassland Congress, Saskatoon, Canadá. Paper 288. Vol II
- _____, **2001.** Production potential of South América grasslands. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, XIX. São Pedro, SP, Brazil, 2001. Proceedings.... Piracicaba: FEALQ. 2001. p.5-15.
- MATTHEW, C.; ASSUERO, S.G.; BLACK, C.K.; SACKEVILLE, N.R., 1999;** Tiller dynamics of grazed swards. In: GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY END GRAZING ECOLOGY, Curitiba, 1999 p. 109 – 133
- MAZZANTI, A.; LEMAIRE, G.; GASTAL, F., 1994.** The effect of nitrogen fertilization upon the herbage production of toll fescue swards continuously grazed by sheep. 1. Herbage growth dynamics. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.49, n.3, p. 111-120, 1994.
- _____; **MARINO, M.; LATTANZI, F.; ECHEVERRIA, H.; 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 N° 143. INTA BALCARCE. 28 p.
- MILLOT, J. C., RISSO, D. y METHOL, R., 1987.** “Relevamiento de Pasturas Naturales y Mejoramientos Extensivos en Áreas de Ganadería Extensiva”, Fucrea-CHPA.
- _____, **1991.** “Manejo del Pastoreo y su incidencia sobre la composición botánica y productividad del Campo Natural”, Serie Técnica N° 13 INIA.
- _____ y **SALDANHA, S., 1998.** Productividad en pasturas naturales sobre Basalto medio. XIV Reunión del Grupo Técnico regional Campos, INIA Serie Técnica N° 94.
- MYERS, R. H., 1971.** “Responce surface methodology”. Hellyn & Bacon Inc., Boston.
- MORÓN, A., 1994.** “El ciclo del Nitrógeno en el sistema suelo-planta-animal”. INIA Serie Técnica N° 51:1-12.

- NABINGER, C, 1998.** Principios de manejo e produtividade de pastagens. In: CICLO DE PALESTRAS EM PRODUÇÃO E MANEJO DE BOVINOS DE CORTE, 3, 1998, Canoas, RS. **Anais...** Canoas: ULBRA. p.54-107.
- _____, **DALL'AGNOL, M. e de FACCIO CARVALHO, P., 2007.** Biodiversidade e produtividade em Pastagens. In Manejo Conservacionista de Pastagens: um Balance de 21 anos de pesquisa, Porto Alegre, Brasil, CD-Rom.
- OLIVEIRA J. C. y MORAES, C., 1998.** “Efeito de níveis de nitrogênio sobre a produção e qualidade de matéria seca de *Bromus auleticus trinius*. In. XVII Reuniao do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul, Zona Campos”. Ed. Nueremberg N. y Gomez I., Lages, p. 94.
- QUADROS, F.L.F.; CRUZ, P.; THEU, J.P. et al, 2006.** Uso de tipos funcionais de gramíneas como alternativa de diagnóstico da dinâmica e do manejo de campos naturais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. CD-Rom.
- RIBOLDI, J., DO NASCIMENTO, C., 1994.** “Metodología do superficie do resposta. Una abordagem introductória”. Cadernos de matemática e estatística. U.F.R.G.S., Instituto de Matemática, 84 p.
- ROBSON, M., 1967.** A comparision of British and North American varieties of tall fescue. *Journal Applied Ecology* 4:475-484.
- RODRIGUEZ, R., 1998.** Fertilización nitrogenada de un pastizal de la pampa deprimida: crecimiento y utilización del forraje bajo pastoreo de vacunos. Balcarce, 1998. 135 p. XI Curso de Postgrado en Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Estación Experimental Agropecuaria de Balcarce, INTA.
- _____, **SALDANHA S.; ANDION, J. y VERGNES, P., 2004.** “Fertilización de campo natural de Basalto. 1. Producción de Forraje”. XX Reunión del Grupo Técnico Campos, Regional Norte UDELAR, Uruguay.
- ROOK, A.J.; TALLOWIN, J.R.B., 2003.** Grazing pasture management for biodiversity benefit. **Animal Research**, v.52, p.181-189, 2003.

- ROSENGURTT, B.; GALLINAL, H.; SOÑORA, I.; CAMPAL, E. y ARAGONE, L., 1938.** "Estudios sobre Praderas Naturales del Uruguay", Primera Contribución. _____, **1946.** "Normas usuales de manejo de praderas naturales en Juan Jackson", en Estudios sobre Praderas Naturales del Uruguay, 5ta. Contribución, p. 1 a 94.
- _____, **1979.** "Tablas de comportamiento de las especies de plantas de Campos Naturales en el Uruguay, Universidad de la república, Facultad de Agronomía.
- SAS, 1996.** "SAS/STAT: Users's guide". Cary: SAS Institute.
- SOARES, G.C.; DALL`AGNOL, M.; NABINGER, C.; COSTA, J.C.; TONELOTTO, L.A., 1998.** Estudo da morfogênese em uma população de *Bromus auleticus trin.* In. REUNIAO DO GRUPO TÉCNICO EM FORRAGEIRAS DO CONE SUL, ZONA CAMPOS, 17, 1998, Lages. **Anais ...**, Lages, NUEREMBERG, N.J. e GOMES, I.P. (Ed.), 1998, p. 101.
- SOARES, A.B.; CARVALHO, P.C.V.; NABINGER, C. et al., 2005.** Produção animal e de forragem em pastagem nativa submetida a distintas ofertas de forragem. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.5, p.1148-1154. 2005.
- STEINER, M.G., 2006.** Caracterização agrônômica, molecular e morfológica de acessos de *Paspalum notatum* Flugge e *Paspalum guenoarum* Arech. 2006. 129p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia - Programa de pós Graduação em Zootecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.
- TALLOWIN, J.R.B.; WILLIAMS, J.H.H.; KIRKHAM, F.W., 1989** Some consequences of imposing different continuous-grazing pressures in the spring on tiller demography and leaf growth. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, v.112, p. 115-122, 1989.
- TERMEZANA, A. y CARAMBULA, M., 1971.** "Estudios en Forrajeras". Proyecto Basalto. Mimeo, Facultad de Agronomía, Uruguay
- TILLMAN, 1988.** "Plant strategies and the structure and dynamics of plants communities". Princeton University. New Jersey.

- TOTHILL, J.; HARGREAVES J. AND JONES, R., 1978.** “A comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition.” Tropical Agronomy Technical Memorandum N° 8.
- WHITEHEAD, D.C., 1995. Grassland nitrogen.** Wallington CAB INTERNATIONAL.
- WILMAN, H and WRIGHT, P.T., 1983.** Some effects of applied nitrogen on the growth and chemical composition of temperate grasses. Herbage Abstracts 53(8):387-393.
- ZANONIANI, R, 1997.**”Campo Natural: Síntomas de degradación productiva y medidas preventivas para su control”. Rev. Cangué N° 10, Facultad de Agronomía, R.O.U.
- _____, ZIBIL, S., ERNST, O. y CHILIBROSTE, P., 2004.** CAPÍTULO 3 “Manejo del pastoreo y producción de forraje: resultados del monitoreo realizado en el año 2003”. Proyecto “Interacción Alimentación – Reproducción”, Informe Final 2003, Área Producción Lechera y RR CC, CONAPROLE.

9- ANEXOS

Anexo 1. Planilla ejemplo de relevamiento fitosociológico.

Fecha:

30/07/2003

Bloque: 1

Parcela: 1

Transecta: 1



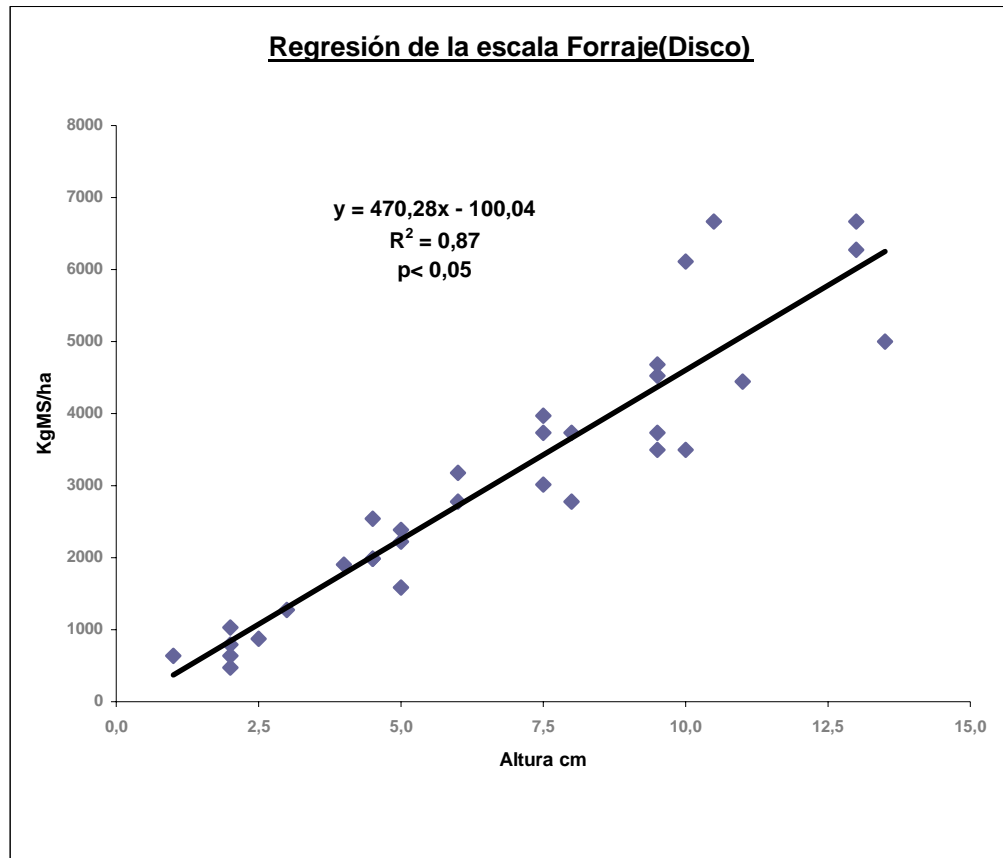
	1	1,5	2	2,5	3	3,5			25,5	Total
Suelo desnudo										0
Resto seco	1	1	1		1	1	1	1	1	40
Acacia caven										0
Achyroclinen spp.			1							1
Agrostis montevidensis										0
Alophia amoena										1
Ambrosia tenuifolia										0
Andropogon ternatus							1			4
Aphium leptophyllum										0
Arista murina										1
Arista venustula										1
Aristida uruguayense										0
Aspilla cetosa										0
Avenaira spp.										0
Axonopus affinis										0
Bacharis articulata										0
Bacharis coridifolia										3
Bacharis dracunculifolia										
Bacharis puntulata										0
Bacharis trimera						1				1
Bolwlesia incana										0
Botriochloa imperatoides										0
Botriochloa laguroides										4
Borreira sp										1
Bouteloua megapotamica			1					1		5

Briza subaristata									1
Bromus auleticus	1			1				1	11
Calamagrostis montevidensis									0
Cardus nutans									0
Centella asiatica									0
Chaptalia arechavaleta									0
Chaptalia phylloeloides				1				1	3
Chaptalia scapa									0
Chevreulia acuminata									0
Chevreulia sarmentosa									0
Chevreulia spp.									0
Chloris canterae									0
Cirsium vulgare									0
Coleorachis seloana							1		3
Coniza bonariensis									0
Coniza chilense									0
Cuphea glutinosa									0
Cyperácea	1					1			15
Desmanthus virgatus									0
Desmodium incanum									0
Dichondra microcalix									3
Dicotiledónea								1	2
Dorstenia brasiliensis									0
Elaeusine tristachya									0
Eragrostis lugens									0
Eragrostis nessi									
Eringium horridum									1
Eringium nudicaule									8
Eupatorium bunifolium									2
Eupatorium subhastatum									0
Eustachis bahiensis									0
Evolvulus sericeus						1			1
Facelis spp.									0
Galactia marginalis									2
Gamochaeta spicata									0

Gamochaeta spp.									0
Glandularia piruviana									0
Geranium albicam									1
Hypochaeris spp.						1			2
Juncus spp.									0
Lolium multiflorum									0
Medicago lupulina	1								3
Melica brasiliensis									0
Micropis spatulata									1
Nierembergia pomania									
Nostocordum spp.									0
Oenoptera									2
Osphioglossum spp.									0
Oxalis spp.									1
Oxipetalum nolanoide									0
Panicum bergi									
Panicum milioides									0
Paspalum dilatatum									0
Paspalum notatum			1		1		1	1	21
Paspalum plicatum	1					1			3
Paspalum quadrifarium									0
Pavonia astata									0
Petunia spp.									0
Piptochaetium bicolor			1						7
Piptochaetium montevidense		1							4
Piptochaetium stipoide			1						20
Plantago miosurus									0
Plantago ssp.									
Relbunium richardianum									2
Richardia humistrata									0
Richardia stelariz									0
Rinchosia sena									0
Schizachirium laxum									0
Schizachirium microstachyum									0

Schizachirium spicatum											2
Scutellaria racemosa											0
Selaginella sp.											0
Setaria geniculata											0
Setaria vaginata											0
Sisyrinchium sp.											0
Solidago chilensis											
Soliva sp.											3
Soliva ptenosperma											0
Sporobolus indicus											
Sporobolus platenis											0
Stenandrium sp.			1								1
Stipa charruana											0
Stipa hyalina											4
Stipa megapotamia											
Stipa papposa											7
Stipa setifera	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	26
Stylosanthe spp.								1			1
Tragia geranifolia											0
Trixis											
Verbena sp.											
Vicia sp.											
Vulpia australis											0
Heces											

Anexo 2. Ejemplo de regresión altura de disco y forraje disponible para tratamiento 9,0 OF y 150 N para el primer pastoreo de invierno.



Anexo 3a Temperatura (° C) durante el período experimental y promedio histórico de la zona de influencia de la EEMAC.

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

Anexo 3b. Precipitaciones (mm) durante el período experimental y promedio histórico de la zona de influencia de la EEMAC.

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

Anexo 4. Superficie de Respuesta para variable Producción Invernal

Response Mean	1140.714286
Root MSE	224.028306
R-Square	0.7613
Coef. of Variation	19.6393

Regression	Degrees of Type I Freedom	Sum of Squares	R-Square	F-Ratio	Prob > F
Covariates	1	93808	0.0637	1.869	0.2139
Linear	2	193688	0.1316	1.930	0.2151
Quadratic	2	321080	0.2181	3.199	0.1031
Crossproduct	1	511940	0.3478	10.200	0.0152
Total Regress	6	1120516	0.7613	3.721	0.0547

Residual	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob > F
Lack of Fit	3	202205	67402	1.808	0.2854
Pure Error	4	149116	37279		
Total Error	7	351321	50189		

Parameter	Freedom	Parameter Estimate	Degrees of Freedom	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEPT	1	-1068.5822		697.754486	-1.531	0.1695
N	1	15.577345		3.575153	4.357	0.0033
OF	1	236.74408		129.588021	1.827	0.1104
N*N	1	-0.018123		0.007333	-2.471	0.0428
OF*N	1	-0.964286		0.301925	-3.194	0.0152
OF*OF	1	-4.905455		6.628369	-0.740	0.4833
B	1	82.280023		59.875982	1.374	0.2118

Anexo 5. Superficie de Respuesta para variable Forraje desaparecido

Response Mean	879.16
Root MSE	238.64
R-Square	0.687
Coef. of Variation	27.14

Regression	Freedom	Degrees of Freedom	Sum of Squares	R-Square	F-Ratio	Prob > F
Covariates	1		108539	0.085	1.91	0.2099
Linear	2		125051	0.098	1.1	0.3848
Quadratic	2		202378	0.1586	1.78	0.2376
Crossproduct	1		441627	0.3460	7.76	0.0271
Total Regress	6		877594	0.6876	2.57	0.1214

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob > F
Residual					
Lack of Fit	3	202177	67392	1.37	0.3718
Pure Error	4	196452	49113		
Total Error	7	398629	56947		

Parameter	Degrees of Freedom	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEPT	1	-541.470	743.25	-0.73	0.49
N	1	13.535	3.81	3.55	0.0093
OF	1	99.27	138.038	0.72	0.4953
N*N	1	-0.0144	0.0078	-1.85	0.1065
OF*N	1	-0.896	0.321	-2.78	0.0271
OF*OF	1	1.413	7.060	0.20	0.8471
B	1	88.00	63.78	1.38	0.2101

Anexo 6. Superficie de Respuesta para variable Relación IE

Response Mean	2.289286				
Root MSE	0.735947				
R-Square	0.7391				
Coef. of Variation	32.1475				
	Degrees				
	Of Type I				
	Sum				
Regression	Freedom	of Squares	R-Square	F-Ratio	Prob > F
Covariates	1	4.469150	0.3076	8.251	0.0239
Linear	2	1.057864	0.0728	0.977	0.4226
Quadratic	2	4.077725	0.2806	3.764	0.0776

Crossproduct	1	1.134225	0.0781	2.094	0.1911
Total Regress	6	10.738964	0.7391	3.305	0.0716
	Degrees				
	of	Sum of			
Residual	Freedom	Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob > F
Lack of Fit	3	0.641529	0.213843	0.272	0.8437
Pure Error	4	3.149800	0.787450		
Total Error	7	3.791329	0.541618		
	Degrees				
	of	Parameter	Standard		T for H0:
Parameter	Freedom	Estimate	Error	Parameter=0	Prob > T
INTERCEPT	1	-1.133229	2.292168	-0.494	0.6362
N	1	0.032642	0.011745	2.779	0.0273
OF	1	0.189809	0.425705	0.446	0.6692
N*N	1	-0.0000647	0.00002409	-2.688	0.0312
OF*N	1	-0.001435	0.000992	-1.447	0.1911
OF*OF	1	0.007137	0.021775	0.328	0.7527
B	1	0.564749	0.196696	2.871	0.0240

Anexo 7. Superficie de Respuesta para variable Carga

Response Mean	386.7				
Root MSE	53.1				
R-Square	0.93				
Coef. of Variation	13.7				
	Degrees				
	of Type I				
	Sum				
Regression	Freedom	of Squares	R-Square	F-Ratio	Prob > F
Covariates	1	4183.1	0.0153	1.48	0.26
Linear	2	183714	0.67	32.55	0.0003

Quadratic	2	57047	0.2080	10.11	0.0086
Crossproduct	1	9506.25	0.0347	3.37	0.101
Total Regress	6	254451	0.9280	15.03	0.0011

	Degrees				
	of	Sum of			
Residual	Freedom	Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob > F
Lack of Fit	3	10663	3554.45	1.56	0.3296
Pure Error	4	9090.67	2272.67		
Total Error	7	19754	2822		

	Degrees				
	of	Parameter	Standard	T for H0:	
Parameter	Freedom	Estimate	Error	Parameter=0	Prob > T
INTERCEPT	1	943.67	165.5	5.70	0.0007
N	1	2.48	0.85	2.93	0.0221
OF	1	-131.53	30.7	-4.28	0.0037
N*N	1	-0.003482	0.001739	-2.00	0.0853
OF*N	1	-0.131	0.071594	-1.84	0.101
OF*OF	1	6.05	1.57	3.85	0.0063

Anexo 8. Superficie de Respuesta para variable Plantas/m² *B. auleticus*

Response Mean	71.587857
Root MSE	15.958499
R-Square	0.8646
Coef. of Variation	22.2922
	Degrees
	of Type I
	Sum
Regression	Freedom
	of Squares
Covariates	1
	4038.183779
	R-Square
Linear	2
	1861.864494
	F-Ratio
Quadratic	2
	5464.222017
	0.4150
	10.728
	0.0074

Crossproduct	1	19.758025	0.0015	0.0776	0.7887
Total Regress	6	11384	0.8646	7.450	0.0091
Degrees of Sum of					
Residual	Freedom	Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob > F
Lack of Fit	3	1288.809522	429.603174	3.479	0.1299
Pure Error	4	493.906200	123.476550		
Total Error	7	1782.715722	254.673675		
Degrees of Parameter Standard T for H0:					
Parameter	Freedom	Estimate	Error	Parameter=0	Prob > T
INTERCEPT	1	99.539005	49.704049	2.003	0.0853
N	1	0.574541	0.254673	2.256	0.0587
OF	1	-20.103518	9.231111	-2.178	0.0659
N*N	1	-0.001845	0.000522	-3.533	0.0096
OF*N	1	0.005991	0.021507	0.279	0.7887
OF*OF	1	1.272701	0.472167	2.695	0.0308
B	1	16.900046	4.265223	3.962	0.0054

Anexo 9. Superficie de Respuesta para variable macollas/m² *B. auleticus*

Response Mean	828.307857
Root MSE	127.249673
R-Square	0.9587
Coef. of Variation	15.3626
Degrees of Type I Sum	
Regression	Freedom of Squares R-Square F-Ratio Prob > F
Covariates	1 688401 0.2508 42.514 0.0003
Linear	2 1379292 0.5025 42.591 0.0001
Quadratic	2 515537 0.1878 15.919 0.0025

Crossproduct	1	48400	0.0176	2.989	0.1275
Total Regress	6	2631630	0.9587	27.087	0.0002
Degrees					
of					
Sum of					
Residual	Freedom	Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob > F
Lack of Fit	3	76332	25444	2.750	0.1766
Pure Error	4	37015	9253.822600		
Total Error	7	113347	16192		

Degrees					
of					
Parameter					
Standard					
T for H0:					
Parameter	Freedom	Estimate	Error	Parameter=0	Prob > T
INTERCEPT	1	-122.979283	396.3295	-0.310	0.7654
N	1	8.263652	2.030712	4.069	0.0048
OF	1	-30.655625	73.606919	-0.416	0.6895
N*N	1	-0.019244	0.004165	-4.620	0.0024
OF*N	1	-0.296496	0.171496	-1.729	0.1275
OF*OF	1	10.724608	3.764961	2.849	0.0247
B	1	221.057361	34.009984	6.500	0.0003

Anexo 10. Superficie de Respuesta para variable Plantas/m² *S. setigera*

Response Mean	87.571429				
Root MSE	15.195912				
R-Square	0.8402				
Coef. of Variation	17.3526				
Degrees					
of Type I					
Sum					
Regression	Freedom	of Squares	R-Square	F-Ratio	Prob > F
Covariates	1	553.142857	0.0547	2.395	0.1656
Linear	2	5491.910647	0.5428	11.892	0.0056
Quadratic	2	1555.964786	0.1538	3.369	0.0944

Crossproduct	1	900.000000	0.0890	3.898	0.0889
Total Regress	6	8501.018290	0.8402	6.136	0.0155

	Degrees of	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob > F
Residual	Freedom				
Lack of Fit	3	1539.743615	513.247872	26.778	0.0042
Pure Error	4	76.666667	19.166667		
Total Error	7	1616.410282	230.915755		

Parameter	Degrees of Freedom	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEPT	1	229.969933	47.328912	4.859	0.0018
N	1	-0.941107	0.242504	-3.881	0.0060
OF	1	-9.840517	8.789997	-1.120	0.2999
N*N	1	0.001281	0.000497	2.576	0.0367
OF*N	1	0.040431	0.020480	1.974	0.0889
OF*OF	1	-0.048930	0.449604	-0.109	0.9164
B	1	-6.287344	4.061407	-1.548	0.1655

Anexo 11. Superficie de Respuesta para variable macollas/m² *S. setigera*

Response Mean	1322.928571
Root MSE	274.311791
R-Square	0.7775
Coef. of Variation	20.7352

	Degrees of Type I Freedom	Sum of Squares	R-Square	F-Ratio	Prob > F
Regression					
Covariates	1	260306	0.1099	3.459	0.1052
Linear	2	317103	0.1339	2.107	0.1922
Quadratic	2	701138	0.2961	4.659	0.0517

Crossproduct	1	562500	0.2376	7.475	0.0292
Total Regress	6	1841046	0.7775	4.078	0.0440

	Degrees of	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob > F
Residual	Freedom				
Lack of Fit	3	520674	173558	114.7	0.0002
Pure Error	4	6054.666	1513.6667		
Total Error	7	526729	75247		

Parameter	Degrees of Freedom	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEPT	1	-1163.5604	854.3665	-1.362	0.2154
N	1	16.452300	4.377601	3.758	0.0071
OF	1	379.478639	158.674244	2.392	0.0481
N*N	1	-0.022598	0.008979	-2.517	0.0400
OF*N	1	-1.010782	0.369692	-2.734	0.0292
OF*OF	1	-15.651671	8.116116	-1.928	0.0951
B	1	-135.14877	73.315234	-1.843	0.1078