

**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA INVERNO – PRIMAVERAL
SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE UNA PASTURA DE SEGUNDO AÑO CON
*Agropyron elongatum***

por

**Facundo CAPANDEGUY ARBELECHE
Sebastian FALCO ANCIAUX
Rodrigo ROVIRA GARCIA PINTOS**

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
titulo de Ingeniero Agrónomo.**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2010**

Tesis aprobada por:

Director: _____
Ing. Agr. MSc. Esp. Ramiro Zanoniani

Ing. Agr. PhD. Pablo Boggiano

Ing. Agr. Alfredo Silbermann

Fecha: _____
1/12/2010

Autores: _____
Facundo CAPANDEGUY ARBELECHE

Sebastián FALCO ANCIAUX

Rodrigo ROVIRA GARCIA PINTOS

AGRADECIMIENTOS

A nuestro director de tesis Ing. Agr. MSc. Esp. Ramiro Zanoniani por permitirnos desarrollar este trabajo, por su constante apoyo durante el mismo y por ayudarnos en nuestro paso por la EEMAC.

Al Ing. Agr. PhD. Pablo Boggiano y a la Lic. Sully Toledo por su colaboración durante la realización del presente trabajo.

A Ángel Colombino por ayudarnos en el trabajo de campo y a Marta Fernández por su disposición en la búsqueda bibliográfica.

Especialmente a nuestras familias por su apoyo constante durante todos los años de la carrera, que sin ellas esto no hubiera sido posible.

A nuestros abuelos, tíos, amigos y novias que también estuvieron involucrados a lo largo de toda la carrera, y a todas las personas que de alguna u otra manera hicieron que este trabajo se puede llevar a cabo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCION</u>	1
2. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u>	3
2.1 <u>CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES QUE COMPONEN LA MEZCLA</u>	3
2.1.1 <u><i>Lolium perenne</i> (raigras perenne)</u>	3
2.1.2 <u>Trifolium repens (trébol blanco)</u>	4
2.1.3 <u>Lotus corniculatus</u>	5
2.1.4 <u>Agropyron elongatum (Thinopyrum ponticum)</u>	6
2.2 <u>IMPORTANCIA DE LAS PRADERAS CON MEZCLAS DE ESPECIES</u> ...	8
2.3 <u>EFFECTOS DEL NITROGENO</u>	10
2.3.1 <u>Introducción</u>	10
2.3.2 <u>Efecto del nitrógeno en pasturas</u>	11
2.4 <u>EFFECTO DEL PASTOREO</u>	18
2.4.1 <u>Introducción</u>	18
2.4.2 <u>Manejo del pastoreo</u>	18
2.4.3 <u>Intensidad</u>	19
2.4.4 <u>Frecuencia</u>	20
2.4.5 <u>Efecto del pastoreo sobre la morfología y la estructura</u>	22
2.4.6 <u>Efecto del pastoreo sobre la producción de forraje</u>	24
2.5 <u>CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA QUE AFECTAN EL CONSUMO Y EL DESEMPEÑO ANIMAL</u>	28
2.5.1 <u>Consumo en pastoreo</u>	29
2.5.2 <u>Disponibilidad</u>	30
2.5.3 <u>Valor nutritivo y digestibilidad</u>	33
2.5.4 <u>Desempeño animal</u>	36
3. <u>MATERIALES Y METODOS</u>	40
3.1 <u>OBJETIVOS</u>	40
3.2 <u>CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES</u>	40
3.2.1 <u>Localización y periodo experimental</u>	40
3.2.2 <u>Descripción del sitio experimental</u>	40
3.2.3 <u>Antecedentes del área experimental</u>	40
3.2.4 <u>Tratamientos</u>	41
3.2.5 <u>Pastoreo</u>	41
3.2.6 <u>Diseño experimental</u>	41
3.3 <u>METODOLOGIA EXPERIMENTAL</u>	42

3.3.1	<u>Disponibilidad y remanente de la materia seca</u>	42
3.3.2	<u>Altura del disponible y remanente</u>	43
3.3.3	<u>Materia seca desaparecida</u>	44
3.3.4	<u>Porcentaje de forraje desaparecido</u>	44
3.3.5	<u>Producción de forraje</u>	44
3.3.6	<u>Tasa de crecimiento promedio</u>	44
3.3.7	<u>Composición botánica</u>	44
3.3.8	<u>Peso de los animales</u>	45
3.3.9	<u>Ganancia de peso diaria</u>	45
3.3.10	<u>Producción de peso vivo por hectárea</u>	45
3.3.11	<u>Asignación de forraje</u>	45
3.4	<u>HIPOTESIS</u>	46
3.4.1	<u>Hipótesis biológicas</u>	46
3.4.2	<u>Hipótesis estadísticas</u>	46
3.5	<u>ANALISIS ESTADÍSTICO</u>	46
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSION</u>	47
4.1	<u>DATOS METEOROLOGICOS</u>	47
4.2	<u>COMPOSICIÓN BOTÁNICA</u>	49
4.3	<u>FORRAJE DISPONIBLE</u>	52
4.4	<u>ALTURA DEL FORRAJE DISPONIBLE</u>	53
4.5	<u>FORRAJE REMANENTE</u>	53
4.6	<u>ALTURA DEL FORRAJE REMANENTE</u>	54
4.7	<u>PRODUCCION DE FORRAJE</u>	55
4.8	<u>TASA DE CRECIMIENTO</u>	58
4.9	<u>PORCENTAJE DE UTILIZACION DE FORRAJE</u>	60
4.10	<u>CANTIDAD DE FORRAJE DESAPARECIDO</u>	61
4.11	<u>ALTURA DE UTILIZACION</u>	62
4.12	<u>PRODUCCIÓN INDIVIDUAL DE PESO VIVO</u>	62
4.13	<u>PRODUCCION DE PESO VIVO POR HECTAREA</u>	65
5.	<u>CONCLUSIONES</u>	67
6.	<u>RESUMEN</u>	68
7.	<u>SUMMARY</u>	69
8.	<u>BIBLIOGRAFIA</u>	70
9.	<u>ANEXOS</u>	80

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Disponibilidad (kg/ha de MS) promedio	52
2. Altura del disponible según tratamiento	53
3. Remanente (kg/ha de MS) promedio	53
4. Altura del remanente según tratamiento	54
5. Producción de forraje como MS/ha en la estación invernal	57
6. Respuesta relativa en la tasa de crecimiento al agregado de nitrógeno	60
7. Eficiencia de conversión del forraje desaparecido	62
8. Altura de utilización según tratamiento	62
9. Ganancias individuales según tratamientos	63
10. Producción de peso vivo por hectárea según tratamiento	65
11. Eficiencia de producción de carne por kg de forraje producido.....	66

Figura No.	
1. Croquis de la disposición de los bloques y tratamientos del diseño experimental	42
2. Registro de precipitaciones.....	47
3. Registro de temperaturas.....	48
4. Composición botánica.....	49
5. Evolución de suelo descubierto y malezas	55
6. Producción de MS/ha según tratamiento	55
7. Producción de forraje como MS/ha en la estación primaveral	57
8. Tasa de crecimiento promedio según tratamiento	59
9. Porcentaje de utilización promedio según tratamiento.....	60
10. Cantidad de MS desaparecida según tratamiento	61

1. INTRODUCCION

Las pasturas cultivadas son una fuente muy importante de alimento para los productores de carne, lana y leche en nuestro país. Por sus características, éstas presentan un gran potencial de producción, el cual estará favorecido o no por los manejos o practicas que se le atribuyan a la misma.

Las pasturas cultivadas mixtas suponen la destrucción total de la vegetación presente, la preparación de una buena sementera, el agregado de nutrientes y la siembra de mezclas forrajeras compuesta por gramíneas y leguminosas. Uno de los objetivos más importantes es lograr de ellas los máximos rendimientos de materia seca por hectárea explotando las ventajas y bondades que ofrecen ambas familias (Carámbula, 2007a).

Hoy en día es muy común el uso de mezclas forrajeras tipo multipropósito formadas por tres o cuatro especies complementarias (Carámbula, 2007a). Las gramíneas y/o leguminosas que las integran por lo general son perennes ya que tienen como objetivo producir altos rendimientos de materia seca de elevado valor nutritivo durante varios años y distribuido a lo largo del año uniformemente. La combinación de especies que compongan la mezcla afectará la productividad y el comportamiento de las pasturas (Carámbula y Santiñaque, 1981).

Por otra parte, no debe olvidarse que optar por estas pasturas requiere la utilización de insumos costosos, por lo que el forraje producido debe ser utilizado con la mayor eficiencia (Carámbula, 2007a).

La productividad de estas pasturas es el resultado integrado de la producción de forraje, su utilización por parte de los animales y la eficiencia con que ese forraje cosechado es transformado en producto animal. Por lo tanto para lograr una alta eficiencia de conversión del pasto producido en producto animal, es necesario ajustar la carga y el método de pastoreo (Hodgson, 1990).

Si bien es cierto que existen variables no controladas como temperatura y humedad que influyen en el comportamiento de las pasturas implantadas en condiciones extensivas, todos los trabajos coinciden en efectos positivos de la fertilización nitrogenada sobre la producción de materia seca, y que este es el nutriente que mas afecta a dicha variable (García et al., 2005).

Desde el punto de vista practico, existen tres fuentes principales para aportar nitrógeno a las pasturas: 1) reciclaje por mineralización y residuos vegetales y animales, 2) aplicación de fertilizantes nitrogenados, y 3) asociación con leguminosas.

El conocimiento de los efectos de la fertilización nitrogenada sobre la producción de material vegetal es una importante herramienta a la hora de elaborar estrategias de utilización de la fertilización nitrogenada para lograr incrementos en la producción forrajera (García et al., 2005).

El presente trabajo tiene como objetivo principal evaluar diferentes niveles de fertilización nitrogenada invierno-primaveral sobre la productividad de una mezcla de segundo año compuesta por *Lolium perenne*, *Trifolium repens*, *Lotus Corniculatus* y *Agropyron elongatum*, la evolución de la composición botánica y la producción de carne sobre la misma.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES QUE COMPONEN LA MEZCLA

2.1.1 *Lolium perenne* (raigras perenne)

Especie perenne que presenta un ciclo de producción invernal y un hábito de crecimiento cespitoso. Dentro de sus características se destaca su gran adaptación al pastoreo debido a su facilidad de rebrote, resistencia al pisoteo y elevada agresividad. Se adapta mejor a suelos fértiles y bien drenados, y no a suelos arenosos y a climas templados y húmedos, particularmente a aquellos frescos, nubosos y sombríos (Carámbula, 2007a).

Según Langer (1981) es un especie de fácil establecimiento, más macolladora y más precoz que las otras gramíneas invernales perennes.

Su persistencia se ve muy afectada en épocas de escasez hídrica. No tolera las sequías y no compite con malezas, especialmente cuando la población de plantas y el vigor de las mismas decrecen. Dado que, como se ha observado previamente, su comportamiento en grandes áreas de esta región es muy pobre durante el verano dadas las exigencias en humedad que presenta, de incluirse en el rol del componente gramínea de una mezcla, el forraje disponible en esta época será completamente desbalanceado a favor de las leguminosas asociadas en la mezcla, con los inconvenientes del caso (Carámbula, 2007a).

Con referencia a su producción de forraje en el año de establecimiento, el raigras perenne puede producir de 4 a 10 toneladas por hectáreas de materia seca, por lo que su potencialidad de rendimiento en este primer año, en condiciones muy favorables es cercana a la del raigras anual (Betín, 1975). Zanoniani et al. (2006) para las condiciones del Uruguay reportan datos de 11000 kg MS/ha para esta especie sembrada en forma pura y 12000 kg MS/ha en mezclas con *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens* (trébol blanco).

En el caso de las pasturas de raigras perenne ya implantadas, dado que este proceso se ve favorecido por las temperaturas frescas de fines de invierno-principios de primavera, el productor deberá prestar atención especial al manejo que aplique previamente a dicho período del año (Carámbula, 2007a).

Según Langer (1981) la mayoría de las gramíneas de origen templado como el raigras, parecen tener temperaturas óptimas para el crecimiento foliar que varían desde 20° a 29°C.

En particular el cultivar Horizon de *Lolium perenne*, evaluado en el presente trabajo posee como principales características y ventajas, ser un cultivar de raigras perenne y tetraploide con una muy alta producción primaveral, al igual que una elevada calidad de forraje producido, siendo apetecible para los animales. Además, también presenta una muy buena capacidad de rebrote, así como muy buena sanidad de hojas. Por último es de destacar la alta tasa de sobrevivencia que posee este cultivar durante el verano, lo cual es una limitante del raigras perenne como se mencionó anteriormente (Fernández y Foglino, 2009).

Según Saldanha et al. (2008) el efecto del pastoreo intermitente de *Lolium perenne* en su primer año de vida afecta el número y tamaño de macollos y hojas, existiendo variaciones según se ajustan las variables de presión y fecha de pastoreo. En cambio bajo pastoreo continuo y condiciones ambientales no limitantes presenta rendimientos constantes de forraje bajo diferentes cargas de animales, debido a la compensación entre número y tamaño de macollos.

El número y tamaño de macollos es afectado por la asignación de forraje, la intensidad y número de pastoreos, siendo estos valores mayores al disminuir la intensidad de pastoreo, explicándose por el menor estrés impuesto a las plantas. Las plantas bajo defoliaciones intensas deben recomponer su aparato foliar a partir de menor área foliar remanente y de meristemas menos diferenciados, lo que determina un mayor costo energético y menor velocidad de crecimiento. Si bien el número de hojas por macollo es independiente de la presión de pastoreo, el número de láminas totales es mayor a mayor asignación (Saldanha et al., 2008).

2.1.2 *Trifolium repens* (trébol blanco)

Es una leguminosa perenne estolonífera de ciclo invernal, pero su mayor producción se registra en primavera. Por su alta producción de forraje de calidad excelente, su persistencia con manejos intensivos y la habilidad para competir con gramíneas perennes a la vez que cederles nitrógeno, esta especie contribuye a formar las mejores del mundo (Carámbula, 2007a).

Según Carlson et al. (1985) el crecimiento y el desarrollo de esta leguminosa se ven favorecidos por estaciones húmedas y frías, en suelos bien drenados, fértiles, de pH 6 a 7 y que tienen un buen contenido de nutrientes minerales. Prolongados periodos de alta temperatura, así como suelos mal drenados, salinos, alcalinos, o con periodos de seca, reducen el crecimiento de trébol blanco y su persistencia.

La gran adaptación del trébol blanco al manejo intensivo y los altos rendimientos de materia seca que produce se debe a que posee cinco atributos muy positivos: porte rastrero, meristemas contra el suelo, índice de área foliar (IAF) bajo, hojas jóvenes ubicadas en el estrato inferior y hojas maduras en el estrato superior (Carámbula, 2007a).

De acuerdo con Gibson, citado por Carámbula (1977) la persistencia de los tréboles a través de formación y enraizamiento de nuevos entrenudos se ve favorecida cuando se impide la floración y comprobó que las plantas que florecían temprano, pero que posteriormente seguían creciendo antes de que sobrevinieran las condiciones desfavorables del verano, se encontraban en mejores situaciones para persistir.

Bajo regímenes severos de defoliación, se reduce el tamaño de hoja, se afecta el crecimiento de la planta, aumentando la susceptibilidad de la misma a la competencia de las gramíneas, lo mismo ocurre frente a periodos secos (Brougham, citado por Agustoni et al., 2008).

La vida productiva de esta especie en una pradera, está condicionada a un proceso eficiente de formación y enraizamiento de estolones hijos y a la aparición de plantas nuevas como consecuencia de la resiembra natural (Westbrooks y Tesar, citados por Carámbula, 1977).

El cultivar de *Trifolium repens* utilizado en el ensayo fue Zapicán. El mismo presenta una tasa de crecimiento ligeramente mayor al cultivar Regal durante otoño, invierno y marcadamente menor en primavera – verano. La producción del cultivar Zapicán es mayor al promedio de los cultivares evaluados (Díaz, 1995).

2.1.3 Lotus corniculatus

Leguminosa perenne de ciclo estival y hábito de crecimiento erecto a decumbente. Presenta un ciclo de producción primavero – estivo – otoñal. Esta especie normalmente se utiliza en pasturas de larga vida, en mezclas con gramíneas. Sin embargo, puede sembrarse en siembras puras, ya que no produce meteorismo (Carámbula, 1977).

Presenta un sistema radicular pivotante profundo, el cual la hace resistente a la sequía. En cuanto a su adaptación a suelos, presenta buen desarrollo tanto en suelos arenosos como arcillosos. Posee una mayor persistencia en suelos secos que en húmedos por ser susceptibles a enfermedades causadas por hongos en el sistema radicular y la corona (Pereira, 2007).

Posee gran adaptación bajo condiciones de fertilidad baja, niveles notablemente bajos de fósforo y potasio, y son capaces de competir por niveles bajos de nutrientes disponibles con mayor éxito que los tréboles rojo y blanco y la alfalfa (Mouat, citado por Langer, 1981).

Es una especie muy sensible a las prácticas de manejo, ya que presenta como característica fundamental, el alargamiento de los entrenudos formando tallos erectos, lo cual determina que la defoliación retire folíolos, meristemos apicales y axilares que se encuentran por encima de la altura de corte. De esta forma las hojas más nuevas se encuentran en la parte superior del canopeo, determinando en la mayoría de los casos que el área foliar remanente luego del pastoreo sea nula o de baja capacidad fotosintética, siendo el rebrote en gran parte dependiente de las reservas acumuladas previamente (Zanoniani y Ducamp, 2004).

En lo que respecta al tipo de pastoreo, es una especie que se beneficia con pastoreos aliviados, con alturas de 20-25 cm. antes de ser defoliado, y con remanentes no menores de 7,5 cm. A su vez los cultivares erectos deben quedar con más rastrojo que los postrados, debiendo ser los pastoreos rotativos y racionales. La re instalación de nuevas plantas y rebrotes desde la corona se ve favorecida por un manejo intenso en el otoño, que permita la entrada de luz a horizontes más profundos (Zanoniani y Ducamp, 2004).

El cultivar San Gabriel, se caracteriza por presentar una capacidad continua de producción de forraje durante todo el año. El periodo invernal de menor potencial de producción de forraje probablemente se explique parcialmente por la ocurrencia de temperaturas infraóptimas para la fotosíntesis neta, y no por la acción de mecanismos de latencia. Con la excepción del primer verano siempre las tasas medias de producción de materia seca en primavera son superiores a las de verano independientemente de la edad. En otoño e invierno, las tasa medias de producción son sustancialmente menores que a las de primavera y verano, siendo invierno, la estación de menor producción dentro de cada edad del cultivo (Formoso, 1993).

2.1.4 *Agropyron elongatum* (*Thinopyrum ponticum*)

Es una especie perenne, de larga perennidad, con un sistema radicular bien desarrollado y profundo, que profundiza más en suelos arenosos. Forma matas grandes de 40 cm a 140 cm, dependiendo de la fertilidad del suelo, las precipitaciones y el manejo. Las hojas son largas y finas de colores verdes grisáceos, lisos en el envés y con la nervadura muy marcada en el haz. Florece más tarde que otras gramíneas templadas, en espigas largas, rígidas que mantienen las semillas adheridas por un periodo bastante prolongado. Las

semillas amarillo pajizo son oblongas de 10 – 12 mm de largo por 2 de ancho, de borde redondeado (Castro y Ferraroti, s.f.).

Introducida pero naturalizada en la provincia de Buenos Aires, Argentina. Los valores más altos de producción de forraje son registrados en primavera verano, época en el que los factores bióticos son más adecuados. Tolera excesos de agua pero tiene bajo crecimiento a bajas temperaturas (Carámbula, 2007a).

Si bien prefiere suelos francos y fértiles, se adapta a los arenosos como a los arcillosos, y aun a los arcillo alcalino sódicos con pH superiores a 8. Soporta períodos de sequía, inundaciones y temperaturas extremas de invierno y verano (Castro y Ferraroti, s.f.).

Es apetecida por las vacas de cría, y los novillos en engorde, siempre que se maneje como un césped, evitando que encañe para mantener una mayor calidad forrajera y evitar que las cañas entorpezcan el pastoreo (Castro y Ferraroti, s.f.).

Responde bien al nitrógeno y la fertilización con este nutriente en el otoño permite incrementar la producción de forraje invernal (Carámbula, 2007a).

Esta especie presenta tolerancia a inundaciones frecuentes y sequía. Es la gramínea forrajera más cultivada en los campos bajos de la Región Pampeana, como también en áreas sujetas a esos factores limitantes en las regiones semiáridas y en la Patagonia. Principalmente, en suelos con pH alto, las plántulas emergen lentamente y, por lo tanto, la implantación resulta dificultosa (Fernández y Foglino, 2009).

Es una gramínea con marcado crecimiento primavero – estival y con crecimiento mínimos en invierno y principios de primavera. Con un pico de producción noviembre-enero (37 kg/ha/día de MS), y con tasas de crecimiento en verano de alrededor de 24 kg/ha/día de MS, en otoño de 10 – 12 kg/ha/día de MS y 5-7 kg/ha/día de MS durante el invierno (Bavera, s.f.).

La variedad utilizada en el presente trabajo fue RAYO INTA - FCA, el mismo fue seleccionado por INTA Balcarce. Este material se destaca por el alto peso de 1000 semillas (6,2 g), poder germinativo, velocidad de emergencia y de implantación así como también por su calidad forrajera. También tiene la condición de un excelente vigor de implantación en campos bajos con alto pH entre 8,5 y 9. Estas características permiten acortar el periodo entre siembra y primer pastoreo en comparación a las variedades comunes (INTA Balcarce, citado por Fernández y Foglino, 2009).

2.2 IMPORTANCIA DE LAS PRADERAS CON MEZCLAS DE ESPECIES

Según Donald, Rhodes, citados por Almada et al. (2007), no existen evidencias de que las mezclas sean ventajosas para alcanzar mejores rendimientos que los mismos cultivos puros. Jones et al., Rhodes, Harris y Lazemby, citados por Almada et al. (2007), indican que una combinación de especies forrajeras y/o cultivares deberían ser mas eficientes para utilizar los recursos ambientales disponibles, que cada especie o cultivar sembrados individualmente.

Según Carámbula (2007a), una mezcla forrajera es una población artificial formada por varias especies con diferentes características tanto morfológicas como fisiológicas. De esta asociación, deriva un proceso de interferencias que puede tener diferentes resultados tales como una mutua depresión, depresión de una especie en beneficio de otra, mutuo beneficio o falta total de interferencia.

Uno de los objetivos más importantes de la producción de forraje mediante pasturas mixtas, es obtener de estos cultivos los máximos rendimientos de materia seca por hectárea, explotando al mismo tiempo en forma eficiente las principales bondades que presentan las gramíneas y leguminosas.

Las gramíneas aportarían a la pastura: productividad sostenida por muchos años, adaptación a gran variedad de suelos, facilidad de mantenimiento de poblaciones adecuadas, explotación total del nitrógeno simbiótico, estabilidad de la pastura, baja sensibilidad del pastoreo y corte, baja susceptibilidad a enfermedades y plagas y baja vulnerabilidad a la invasión de malezas.

Las leguminosas por otro lado ofrecerían: nitrógeno a las gramíneas, poseedoras de alto valor nutritivo para la dieta del animal y promotoras de fertilidad en suelos naturalmente pobres (Carámbula, 1977).

Según Carámbula (2007a), las mezclas de especies estivales e invernales pueden resultar más productivas que mezclas simples estacionales sembradas separadamente.

Lolium perenne es una de las especies de gramíneas mas compatibles con trébol blanco (Chestnutt y Lowe, citados por Elgersma et al., 1998a). Esta compatibilidad se daría si el contenido del trébol blanco es suficiente como para optimizar los beneficios de la fijación de nitrógeno y hacer el máximo uso nutricional del mismo (Collins y Rhodes, citados por Elgersma et al., 1998b).

Harris y Thomas, citados por Agustoni et al. (2008), obtuvieron similares resultados en lo que respecta a la fijación biológica del nitrógeno, crecimiento estacional y hábitos de crecimiento de ambas especies, concluyendo que existe una asociación positiva entre trébol blanco y raigras perenne. Sin embargo se vio que durante el establecimiento de la pastura existe un efecto de dominancia del raigras sobre el trébol blanco, el cual se ve incrementado realizando cortes poco frecuentes, o en menor grado, efectuando cortes poco severos. Estos efectos de la época del establecimiento continúan en la primavera y principio de verano del primer año. Sobre fines de verano y otoño, el trébol blanco incrementa su población total, sobre todo si se corta en forma poco frecuente, un menor incremento se registra con cortes poco severos. Para el periodo de establecimiento, el tipo de competencia que se encontró fue por espacio. En el segundo año, la contribución del trébol blanco siguió siendo menor a la de la gramínea, aunque durante la primavera y verano comenzó a ponerse de manifiesto la transferencia de nitrógeno del trébol al raigras.

De incluirse raigras perenne en el rol de gramíneas de una mezcla, el forraje disponible durante el verano será completamente desbalanceado a favor del componente leguminoso de la mezcla. En este caso la introducción de una gramínea perenne estival permitiría incrementar la producción en el verano y reducir el enmalezamiento estival (Carámbula y Santiñaque, 1981).

Las mezclas formadas por trébol blanco y lotus común, como componente leguminosa, son las mas comunes en la región, a tal punto que en muchas oportunidades con su siembra se ignora el componente gramínea, tanto anual como perenne. Se trata de una mezcla de gran adaptación a distintas condiciones climáticas, diferentes tipos de suelos y a manejos de defoliación que muestran siempre aceptable comportamiento y amplia versatilidad. Por otra parte, al tratarse de especies a distintos géneros, presentan diferentes susceptibilidades a plagas y a enfermedades más comunes y, por consiguiente, la población mezclada de individuos actúa de barrera natural. Asimismo, la presencia de lotus disminuye las posibilidades de que se produzcan problemas de meteorismo (Carámbula, 2007a).

Se debe tener en cuenta que una pastura mezcla integrada por especies gramíneas y leguminosas no solo debe tener como objetivo producir altos rendimientos de materia seca distribuidos uniformemente durante el año con un elevado valor nutritivo durante varios años, sino que también tener los menores riesgos de enmalezamiento, la cual es una variable importante que pone en riesgo la durabilidad de la pastura (Carámbula y Santiñaque, 1981).

2.3 EFECTOS DEL NITROGENO

2.3.1 Introducción

El nitrógeno es el elemento que mas comúnmente limita la productividad de los sistemas agrícolas, ganaderos y agrícolas – ganaderos existentes en el mundo (Baethgen, 1994).

La función principal del nitrógeno (N) en los seres vivos es formar parte de las moléculas de aminoácidos y proteínas. El N también es constituyente de otros compuestos como vitaminas, coenzimas, clorofila y ácidos nucleicos (ADN, ARN). En términos generales, para la mayoría de los países, se puede afirmar que el nitrógeno es el nutriente mas limitante para el crecimiento de las plantas (Morón, 1996).

Los procesos de intensificación de la producción animal en base a pasturas implican necesariamente un aumento significativo de la entrada de nitrógeno al sistema suelo – planta – animal. Desde el punto de vista agronómico, económico y ambiental es necesario que los procesos de intensificación estén acompañados de un uso eficiente del nitrógeno. Para lograr esta meta es importante conocer las distintas partes del ciclo del nitrógeno y las transformaciones que este sufre (Morón, 1996).

Los efectos del nitrógeno en los rendimientos de forraje y su composición química han sido objeto de numerosos estudios y su importancia es tan grande que, hasta el momento, es la variable que provoca aumentos mayores en la productividad de las pasturas (Carámbula, 2007a).

Dentro de los límites impuestos por el clima, suelo y sistema de producción, el nitrógeno ejerce el mayor control en la producción de forraje y cultivos en el mundo. Es bien conocido que las plantas necesitan mas nitrógeno que cualquier otro nutriente del suelo. Las gramíneas y otras no leguminosas son casi totalmente dependientes del N mineral del suelo. Las gramíneas tienen tan altas demandas de N que la concentración del mineral en el suelo es habitualmente muy baja. Requieren nitrógeno mineral para producir proteína y clorofila, suficiente para macollaje, elongación de la hoja, rebrote después del pastoreo y reproducción (Behmaja, 1994).

En términos generales se recomienda la aplicación estratégica de nitrógeno en pasturas de alta producción, dominadas por gramíneas y solo cuando la estación de crecimiento favorezca el crecimiento de la pastura (Rebuffo, 1994).

2.3.2 Efecto del nitrógeno en pasturas

La aplicación de fertilizantes nitrogenados constituye una herramienta clave para lograr incrementos en la productividad de las pasturas. La respuesta a la fertilización dependerá de la dosis y el 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, determinando a su vez por la respuesta obtenida en la pastura y su eficiencia en el uso del nutriente (Ayala y Carámbula, 1994).

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 periodo de crecimiento y la promoción de crecimiento temprano de la pastura que, a su vez, posibilita obtener pastoreos anticipados (Bottaro y Zabala 1973, Diaz-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 (Zanoniani, 2009).

Según Rebuffo (1994) tradicionalmente se fertiliza con nitrógeno los verdes de trigo, avena y raigras, como forma de compensar el déficit en la producción de otoño – invierno. Aunque las respuestas al nitrógeno en este periodo son relativamente bajas, la producción de forraje adicional en junio – agosto puede ser extremadamente valiosa. Las menores tasas de crecimiento en invierno, debido a bajas temperaturas y menor luminosidad, reducen la respuesta potencial. Junto a estos factores, el estado y composición botánica de la pastura, inciden marcadamente en la respuesta a nitrógeno.

En nuestro país las pasturas mezclas están generalmente dominadas por las leguminosas, que representan entre 30 y 80 % del rendimiento, dependiendo de la edad de la pastura y de la estación del año. Normalmente no se esperan respuestas importantes al agregado de N cuando las leguminosas dominan el tapiz. La baja población de gramíneas en tales pasturas restringe severamente el potencial de cualquier respuesta, y el N aplicado normalmente resulta en una sustitución de leguminosas por gramíneas (Ennick, Mackenzie, citados por Mazzanti et al., 1997).

En términos generales se recomienda la aplicación estratégica de N en pasturas de alta producción, dominadas por gramíneas, y solo cuando la

estación de crecimiento favorezca el crecimiento de la pastura. Las excesivas acumulaciones de forraje incrementarán las pérdidas por material muerto, afectando en mayor grado a las leguminosas con el sombreado (Rebuffo, 1994).

La posibilidad de incrementar el rendimiento de otoño/invierno de las pasturas de segundo año dependerá de la presencia de gramíneas y su capacidad de respuesta. Teniendo en cuenta que, como regla general, se recomienda fertilizar con N pasturas de alta producción, dominadas por gramíneas, nuestras pasturas de segundo año no serían adecuadas. Sin embargo, en algunas circunstancias las respuestas pueden ser aceptables, incluso buenas. En muchos casos se produjo un desplazamiento de los rendimientos estacionales, con incrementos en la producción de invierno y disminución en la producción de verano y/o primavera (Rebuffo, 1994).

Es indudable que la composición botánica es un factor importante y sencillo de evaluar en la selección de los potreros a fertilizar con nitrógeno (Rebuffo, 1994).

Dentro de la composición botánica, el enmalezamiento es un factor determinante a la hora de decidir una fertilización. Sobre esto Albano et al. (2010) afirman que pasturas en condiciones ambientales desfavorables, con marcado déficit hídrico y altas temperaturas provocaron una depresión del crecimiento de las especies sembradas reduciendo su capacidad de competencia frente a las malezas. Las malezas son plantas capaces de invadir nuevos hábitats, de soportar alteraciones del ambiente y competir en forma ventajosa con las especies cultivadas.

Estudios realizados por Agnusdei et al. (2001) determinaron que las tasas de acumulación de forraje de los tratamientos fertilizados con dosis de 100 a 150 kg/ha de N, triplicaron a los no fertilizados, en aplicaciones invernales, y permitieron anticipar la máxima acumulación de forraje de los verdes entre 20 y 30 días (Mazzanti et al., 1997).

Es esperable que la fertilización nitrogenada otoñal incremente el crecimiento de forraje en menor proporción que una dosis similar aplicada a fines de invierno, período en el cual la disponibilidad de formas asimilables de nitrógeno es extremadamente baja. En los tratamientos en los cuales se realizó fertilizaciones en otoño e invierno se produjo un incremento mayor en la acumulación de forraje invierno-primaveral en comparación con los tratamientos que recibieron una fertilización invernal o que no fueron fertilizados en ambas estaciones (García, 2005)

El crecimiento de forraje en invierno y principios de primavera de gramíneas adaptadas a regiones templadas húmedas, es limitado por la temperatura del periodo (Mazzanti y Arosteguy 1985, Mazzanti et al. 1992, Agnusdei et al. 1994, Marino 1996). La expresión del potencial de crecimiento se halla limitado por la disponibilidad de nitrógeno en los suelos en esa época (Fernandez et al., Marino et al., Mazzanti et al., citados por Mazzanti et al., 1997).

El fraccionamiento es una práctica recomendable respecto de la aplicación única. Dosis de 50-60 kg/ha de N por aplicación producen respuestas seguras en la mayoría de los suelos ganaderos cuando se realizan temprano en la estación de crecimiento, dosis menores de fertilizante nitrogenado, del orden de 25-30 kg/ha de N, son menos predecibles, pudiendo obtenerse respuestas menores que duplicando la dosis en la mitad de la superficie. Las aplicaciones anuales de fertilizante nitrogenado no deberían superar los 250 kg/ha de N, fraccionadas en no más de 2 veces en otoño y de 3 veces entre fin de invierno e inicio de primavera (Agnusdei et al., 2006).

Para el caso de la especie *Agropyron elongatum* el agregado de nitrógeno estimula el crecimiento invernal del forraje, anticipa la producción primaveral e incrementa la producción de materia seca en diferentes especies forrajeras Whitehead, Díaz Zorita, citados por Alonso et al. (2000). La fertilización nitrogenada también puede afectar la calidad del forraje (Whitehead, 1995), aunque los informes del efecto directo e indirecto del nitrógeno sobre los atributos relacionados con el valor nutricional de las plantas resultan contradictorios. En el sudeste bonaerense la fertilización nitrogenada en pasturas de agropiro ha posibilitado incrementar y anticipar el crecimiento de forraje de fin de invierno y principios de primavera (Fernández et al., citados por Alonso et al., 2000) y aumentar el contenido de nitrógeno del forraje producido durante las etapas vegetativas y de elongación de la caña (Borrajo, citado por Alonso et al., 2000).

2.3.2.1 Efecto del nitrógeno en las variables morfogénicas

Para especies de clima templado la dinámica de aparición de macollos se comporta con un aumento después del verano, registrándose un máximo en otoño, un descenso en invierno para nuevamente subir la producción en primavera hasta antes de comenzar la floración (Carámbula, 1977).

En las gramíneas, cada hoja tiene una yema en su axila (excepto la hoja bandera). Si la disponibilidad de nutrientes es la adecuada y la competencia por nutrientes no es severa, la mayoría de estas yemas se desarrollaran en un macollo. Cuando falta el nitrógeno, el desarrollo de los macollos es inhibido, al

incrementar el abastecimiento de N a las plantas que están creciendo en forma individual, incrementa el número de macollos por planta (Whitehead, 1995).

Los incrementos observados en la tasa de aparición de macollos en respuesta a la fertilización nitrogenada pueden ser parcialmente explicados por un efecto directo del nitrógeno sobre la activación de meristemas potencialmente productores de nuevos individuos (Whitehead, 1995). Sin embargo también cabe considerar un efecto indirecto, consecuencia del incremento de la tasa de aparición de hojas (Lattanzi et al., citados por Mazzanti et al., 1997), lo cual implica la generación de un mayor número de sitios potencialmente productores de macollos para los cultivos no carenciados de nitrógeno (Mazzanti et al., 1997).

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 pasturas en un 39 % estimado en kg/ha de MS, 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 la tasa de aparición y muerte de macollos (Boggiano, 2000).

Una fertilización con 200 kg/ha/año de N 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 los cortes redujo el número de macollos. Probablemente esta interacción entre la fertilización y la frecuencia de cortes este 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 y esta señal se reduce a medida que se acumula área foliar en el dosel foliar (Deregibus et al., Carámbula, Matthew et al., citados por Zanoniani, 2009).

El efecto de la nutrición nitrogenada en la densidad de macollos depende del índice de área foliar (IAF) de la pastura. A bajos niveles de IAF el nitrógeno tiene un efecto positivo a través de la tasa de aparición de macollos mediante la maximización del llenado de sitios de crecimiento, efecto que no persiste al

incrementarse el IAF llevando a altos niveles de extinción de luz con cambios asociados en la calidad de luz lo que inhibe el desarrollo de las yemas axilares en nuevos macollos. Períodos prolongados de sombreado llevan también a la muerte de los macollos más pequeños y jóvenes llevando a una reducción de la densidad de los macollos (Lemaire, 1997).

Dentro de ciertos márgenes de temperaturas invernales, y en condiciones no limitativas de otros nutrientes (fósforo principalmente) y de humedad, la fertilización nitrogenada incrementa la tasa de elongación foliar, la tasa de aparición de hojas y de macollos de gramíneas forrajeras bajo sistema de corte o pastoreo (Anslow, Wilman y Wright, Whitehead, Mazzanti, Mazzanti et al., Marino, citados por Mazzini et al., 1997).

De acuerdo con Spedding y Diekmahns, citados por Carámbula (2007a), no hay evidencia de que la aplicación de nitrógeno afecte en forma significativa la digestibilidad, aunque Prins y Van Burg, citados por Carámbula (2007a), opinan que, dado que la fertilización nitrogenada promueve un mayor crecimiento y por lo tanto una mayor frecuencia en las cosechas, conduce indirectamente a un aumento en la digestibilidad del forraje.

La fertilización nitrogenada, a través de sus efectos sobre la morfogénesis, modifica el conjunto de variables que caracterizan la estructura de las pasturas (Chapman y Lemaire, citados por Mazzanti et al., 1997). Las variables que se modifican son: tamaño final de hojas (largo y ancho medio de la lamina), largo del pseudotallo y tallo, densidad y peso promedio de los macollos (Marino, Mazzanti et al., citados por Mazzanti et al., 1997).

Mazzanti et al. (1997), concluyeron en su trabajo que el raigras anual y la avena mostraron la capacidad de incrementar la tasa de elongación foliar en respuesta a la fertilización nitrogenada. La tasa de elongación foliar (TEF), evolucionó en forma exponencial con la temperatura para las dos especies en todos los niveles de fertilización. La respuesta de la TEF a la fertilización nitrogenada tiende a ser limitada cuando las temperaturas medias diarias del aire son menores a 8°C. Sin embargo, los tratamientos fertilizados, mostraron mayor tasa de elongación foliar que los no fertilizados para una misma temperatura (Marino, 1996).

Wilman y Wright, citados por Azanza (2004), reportan aumentos en la tasa de elongación foliar de 0,64 a 1,34 cm/día debido a la aplicación de 500 kg/ha/año de N respecto a cultivos sin nitrógeno. Tal efecto de la fertilización nitrogenada sobre las tasa 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).

Para la variable aparición de hojas, Gastal y Lemaire, citados por Mazzanti et al. (1997), han detectado respuestas nulas o positivas de baja magnitud. No obstante es esperable que en situaciones de carencias severas de nitrógeno, con la fertilización nitrogenada se incremente la tasa de aparición de hojas en gramíneas forrajeras (Anslow, citado por Mazzanti et al., 1997).

Para las condiciones del sudeste bonaerense, con niveles menores de 5 ppm de nitratos en el suelo (Marino, 1996), se pudo comprobar que en cubiertas en estado vegetativo, la fertilización nitrogenada incrementó la tasa de aparición de hojas para raigras anual en aproximadamente 30 % (Lattanzi et al., citados por Mazzanti et al., 1997).

2.3.2.2 Producción de forraje

Todos los trabajos revisados coinciden que la fertilización nitrogenada tiene un efecto positivo en la producción de materia seca y que esta es la variable de mayor importancia.

2.3.2.3 Producción de forraje de pasturas mezclas

Rebuffo (1994) registró para pasturas de primer año en el periodo otoño/invierno variaciones en las respuestas al agregado de N. Para este caso, las gramíneas representaron más del 90 % del forraje en las mezclas con trébol rojo, mientras que en la mezcla de avena + festuca + trébol blanco representan el 70 %. Es claro que la predominancia de las gramíneas en este periodo permite obtener respuestas mínimas de 10 kg de MS/kg de N. Las mayores respuestas (30 – 33 kg de MS/kg de N) se pueden lograr si las condiciones climáticas son propicias para el crecimiento, y las pasturas tienen buenas densidad de gramíneas de alta producción. Para pasturas de segundo año, las respuestas de N en el mismo periodo fueron menores y más variables ya que las leguminosas dominaron el tapiz y esto probablemente condicionó la menor respuesta.

Zanoniani y Noëll (1997) definen para verdeos de invierno que una muy alta respuesta es aquella en la que se obtienen más de 25 kg de materia seca de forraje por cada kg de nitrógeno agregado, alta respuesta es la que produce entre 10 y 25 kg de forraje por kg de nitrógeno, y respuesta media se refiere a 5 a 10 kg de materia seca por kg de nitrógeno.

Es importante considerar el efecto global de la fertilización nitrogenada en pasturas mezclas. Cuando la respuesta de la gramínea fue acompañada por una disminución en los rendimientos posteriores de las leguminosa, la respuesta total de redujo (Rebuffo, 1994).

Experimentos realizados por Mazzanti et al. (1997), comprueban en todos los casos el incremento en la acumulación de forraje con dosis crecientes de nitrógeno, donde fue máxima en 250 kg/ha. No obstante la acumulación alcanzada con 100 y 150 kg/ha de nitrógeno no difirió estadísticamente de la anterior para el raigras y avena respectivamente, y resultaron aproximadamente tres veces superiores a las correspondientes a los tratamientos no fertilizados.

2.3.2.4 Producción de forraje de agropiro

El cultivar de agropiro de mayor utilización es INTA vizcachero, el cual presenta alta tasa de crecimiento a fines de primavera y principios de verano y vegeta activamente en el otoño, sin embargo el crecimiento es poco activo en invierno, lo que determina una producción escasa a nula durante ese período (Mazzanti et al., 1992).

Para las condiciones ambientales de la región pampeana, la concentración de nitrógeno asimilable en el suelo, muestra marcadas fluctuaciones estacionales, con valores máximos a mediados de primavera y verano (15 a 40 ppm), que decrecen en otoño (8 a 10 ppm), y alcanzan los mínimos (1,5 a 5 ppm) en invierno y comienzos de primavera (Marino, Navarro, Vazquez y Barberis, citados por Mazzanti et al., 1997). Por lo cual, el agregado de nitrógeno puede estimular el crecimiento invernal del forraje, anticipando la producción primaveral e incrementando la producción de materia seca en diferentes especies forrajeras (Whitehead 1995, Díaz - Zorita 1997).

Fernández et al. (1996) encontraron en pasturas de agropiro implantadas en Balcarce en un suelo Natracuol de pH 9,1, que el suministro de nitrógeno provocó incrementos en la tasa de crecimiento diario primaveral reportándose una producción promedio de 58,8 y 96,6 kg/ha/día de MS para el agregado de 0 y 100 kg/ha de N, respectivamente, mientras que en la experiencia de Alonso et al. (2000), se registraron tasas de 40,4 kg/ha/día de MS para 0 kg/ha de N, y de 71,3 kg/ha/día de MS para 100 kg/ha de N, concluyéndose en ambos trabajos que el agregado de nitrógeno incrementa la producción de MS de agropiro.

Resultados muestran que la situación de baja productividad y eficiencia en el uso de recursos puede mejorarse en al menos un 50 % mediante aportes razonables y balanceados de Fósforo y Nitrógeno. Trabajos de Agnusdei et al. (2006) atribuyen este aumento de producción entre tratamientos a la

fertilización nitrogenada donde la transformación de la energía solar interceptada del tratamiento testigo (N 0) fue superada en un 60 y 100 % por los tratamientos de 50 y 100 kg/ha de N, respectivamente.

Alonso et al. (2000), encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de 0 y 100 kg/ha de N respecto a la producción de MS en los tres periodos evaluados (abril, junio y agosto), encontrándose una respuesta similar para los tres periodos. Sin embargo la producción total de MS en abril fue mayor que junio y ésta mayor que en agosto.

Los distintos ensayos realizados muestran que el agropiro tiene una respuesta lineal al agregado de N, registrándose producciones de 7186 kg/ha/año de MS sin N y de 18299 kg/ha/año de MS con el agregado de 250 kg/ha de N. Las máximas respuestas se encuentran entre 75 y 125 kg/ha de N, con una respuesta de 50 kg de MS/kg de N aplicado (Bavera, s.f.).

Alonso et al. (2000), en un ensayo de agropiro midieron la digestibilidad in vitro de la MS del forraje del testigo, y esta fue un 6% menor que la del tratamiento de N 100. Según Hacker y Minston, citados por Alonso et al. (2000), el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la digestibilidad suele ser pequeño, del orden de 0,6 a 4 unidades porcentuales, pero usualmente positivo.

2.4 EFECTO DEL PASTOREO

2.4.1 Introducción

Según Smethan, citado por Carámbula (2007c), un buen manejo del pastoreo tiene por objetivos principales, producir la máxima cantidad de forraje con la mayor calidad posible y asegurar que el mayor volumen del forraje producido sea comido por los animales bajo pastoreo directo. El objetivo del pastoreo tiene como propósito alcanzar la máxima producción en ambos sistemas (pastoril y forrajero).

En otras palabras, el manejo del pastoreo debe ser dirigido a mantener las condiciones ideales para que la pastura produzca el máximo de forraje con el mínimo de pérdidas de recursos naturales, favoreciendo a la vez el mejor comportamiento animal (Carámbula, 2007c).

2.4.2 Manejo del pastoreo

Según Carámbula (1977) el manejo que se aplique a una pradera será dirigido hacia tres objetivos fundamentales:

- producción máxima de forraje nutritivo y apetecible a lo largo del año.
- preservación del equilibrio entre las diferentes especies que constituyen la pradera.
- conservación de la pradera en condiciones de obtener cosechas productivas en forma sostenida año tras año.

Lograr la máxima producción de forraje depende del sistema de manejo de defoliación impuesto, ya que de esta forma se está actuando sobre el IAF de la pastura (Formoso, 1996).

Watson, citado por Carámbula (1977), define el término índice de área foliar (IAF), como la relación entre el área de las hojas y el área cubierta de suelo por ellas y expresa precisamente la densidad de hojas de una determinada pastura.

Asimismo, el manejo de la defoliación para producir rendimientos elevados de forraje durante una etapa vegetativa, debe considerar las variables frecuencia e intensidad en forma conjunta (Carámbula, 2007c).

2.4.3 Intensidad

La intensidad, altura de la pastura al retirar los animales, no sólo afecta el rendimiento de cada corte o pastoreo, sino que también condiciona el rebrote y por lo tanto la producción subsiguiente, así como la vida misma de la pradera (Carámbula, 1977).

Huokuna, citado por Carámbula (1977) sugiere que para cada especie hay una altura mínima de forraje que puede ser dejada como rastrojo sin que el crecimiento posterior de las plantas sea afectado. A su vez Langer (1981) plantea que las pasturas manejadas muy altas o muy bajas presentarán problemas serios de producción y supervivencia, lo que indica que siempre se debe evitar la disponibilidad de masas extremas de forraje.

La respuesta de una pastura a la defoliación está condicionada por una cantidad importante de variables, las que pueden interaccionar estrechamente y modificar en forma notable el comportamiento final de la misma. Este efecto dependerá tanto del número de especies que constituyen la pradera como la época del año en la cual es aplicada (Brougham, citado por Carámbula, 1977).

Como recomendación general para evitar inconvenientes, las especies postradas pueden ser pastoreadas en promedio hasta 2,5 cm y las erectas entre 5 y 7,5 cm (Carámbula, 2007c).

De acuerdo a la morfología Nabinger, citado por Fernández y Foglino (2009) dice que las especies cespitosas de porte alto se adaptan mejor al pastoreo rotativo, mientras que las de porte bajo, postradas o estoloníferas, son más apropiadas para el pastoreo continuo.

Zanoniani et al. (2006) dicen que las diferentes intensidades de pastoreo generan cambios en la disponibilidad y en la estructura del forraje ofrecido a los animales. Altas intensidades de pastoreo generan pasturas más tiernas, con mayor proporción de hojas y tallos tiernos, determinando un mayor aprovechamiento del forraje. Con bajas intensidades de pastoreo se logran pasturas con tallos más desarrollados con menor proporción de hojas. Pasturas más altas determinaron mayores disponibilidades y utilización de las hojas.

Con referencia a la utilización de forraje se detectó una relación lineal con la intensidad de pastoreo, aumentando al reducir la altura del remanente (Zanoniani et al., 2006).

Para el raigras perenne cv. Horizon la intensidad de pastoreo óptima en el primer año de vida durante otoño-invierno-primavera es de 2,5 cm llegando a producir 11000 kg/ha de MS anuales, mientras para mezclas la intensidad óptima de pastoreo es de 7,5 cm llegando a producir más de 12000 kg/ha de MS (Zanoniani et al., 2006).

2.4.4 Frecuencia

Cada especie que compone la mezcla tiene una estación de crecimiento limitada, cuanto mayor sea el número de pastoreos menor será el tiempo de crecimiento entre dos aprovechamientos sucesivos. Este aspecto dado por la frecuencia de la defoliación tiene singular importancia ya que se sabe que cuanto más pequeño sea el período entre pastoreos, menor será la producción de forraje (Jacques y Edmond, Chamblee et al., Peterson y Hagarn, Parsons y Davis, Pritsch, citados por Carámbula, 1977).

El mayor rendimiento relativo de las pasturas sometidas a períodos prolongados de descanso, comparado con pasturas sometidas a períodos de descanso cortos o a un pastoreo continuo se debe a que las plantas tienen la oportunidad de reaprovisionar sus reservas en el primero de los manejos (Langer, 1981).

Según Carámbula (2007c) la frecuencia de utilización depende de cada especie en particular o de la composición de la pastura y de la época del año en que aquella se realice, el elemento que determinará la longitud del período de

crecimiento será la velocidad de la pastura en alcanzar el volumen adecuado de forraje, aspecto que será determinado por el IAF óptimo.

La tasa de crecimiento luego de un pastoreo esta relacionada en forma directa con el área foliar remanente. Esta superficie es determinada por la intensidad de defoliación y fundamentalmente también por el tipo de crecimiento de la especie. A su vez, cada especie tiene un cierto IAF para la máxima tasa de crecimiento (Carámbula, 2007c). Este IAF se lo conoce como el IAF óptimo, el cual es definido como aquel al cual se logra interceptar el 95% de la radiación incidente por la canopia. El nivel de índice de área foliar óptimo puede variar según el hábito de crecimiento de la especie (erecta vs. planófila), estación del año (intensidad de la luz) y cantidad de radiación directa interceptada (Lemaire y Chapman, citados por Peirano y Rodríguez, 2004).

El IAF óptimo para las gramíneas se encuentra entre 6 y 9, mientras que las leguminosas templadas el rango se encuentra entre 2,5 a 4 (Perrson e Ison, citados por Carlevaro y Carrizo, 2004). Esta diferencia de rangos es debida a que las gramíneas presentan hojas erectas, mientras que las leguminosas tienen hojas horizontales, por este motivo las leguminosas con menos IAF interceptan el 95% de la radiación incidente.

El IAF óptimo varía con la estación del año, siendo menor en invierno (3,0) que en verano (4,5 y 5,5), para pasturas mixtas de gramíneas y leguminosas (Brougham, citado por Carlevaro y Carrizo, 2004).

Brougham, citado por Agustoni et al. (2008) dice que en pasturas con IAF óptimos bajos, como aquellas dominadas por tréboles, es posible realizar un aprovechamiento más intenso con defoliaciones más frecuente (IAF 3) que en pasturas dominadas por leguminosas rectas (IAF 5) o por gramíneas erectas (IAF entre 9 y 10).

Formoso (1996) concluye que los efectos de un mismo manejo de defoliación varían con la estación del año y con las características morfofisiológicas de cada especie y/o cultivar.

El intervalo entre pastoreos también se puede determinar por el momento del ciclo del rebrote en que se encuentra, según el número de hojas por macolla. Fulkerson y Snack (1995) sostienen en un trabajo sobre el manejo del raigras que no se debe extender el intervalo entre dos pastoreos más allá del rebrote de tres a tres hojas y media por macollo, ya que luego de este punto, la hoja más vieja comienza a morir. Como consecuencia de esto la calidad de la pastura declina y el desperdicio de la masa aumenta.

Por su parte Langer (1981) sostiene que para obtener el máximo rendimiento es más importante someter a la pastura a un pastoreo intenso y preservando al mismo tiempo un buen intervalo prolongado entre períodos de pastoreo, que tratar de dejar una cantidad importante de hojas residuales después de cada periodo de pastoreo.

Carámbula (1977) hace referencia que el grado óptimo de frecuencia e intensidad de cosecha depende del objetivo primario en la producción del forraje: cantidad y calidad. Pastoreos pocos frecuentes y severos proporcionan rendimientos mayores de forraje de menor calidad, mientras que pastoreos o cortes repetidos y aliviados, promueven rendimientos menores pero de mayor calidad.

2.4.5 Efecto del pastoreo sobre la morfología y la estructura

El pastoreo incide directamente sobre la morfogénesis de las especies integrantes de las comunidades vegetales. Esta incidencia va a depender básicamente de la especie animal y de la densidad de carga que soporta la pastura (Azanza et al., 2004).

La morfogénesis se define como la dinámica de generación y expansión de órganos en el espacio. Esta puede ser analizada como la tasa de aparición de nuevos órganos (organogénesis), su tasa de expansión (crecimiento) y su tasa de senescencia y descomposición. Para pasturas templadas en condiciones vegetativas, se definieron tres características morfogenéticas que serían las más importantes y que están determinadas genéticamente e influenciadas directamente por condiciones del ambiente: tasa de aparición de hojas, tasa de elongación foliar y vida media foliar (Champan y Lemaire, citados por Azanza et al., 2004).

Las plantas individuales pueden percibir sus propias condiciones ambientales y adaptar su morfogénesis foliar a través de una respuesta plástica (Lemaire, Agnusdei, citados por Fernandez y Nava, 2008). Este fenómeno llamado plasticidad fenotípica, juega un rol fundamental en la adaptación de las especies forrajeras al manejo del pastoreo (Bradshaw, 1965).

La morfología y la estructura de una pastura pueden cambiar rápidamente en respuesta a cambios en el manejo. Así es que existe normalmente una estrecha relación funcional entre la densidad de macollos y tamaño individual o lo que es lo mismo el peso de estos en la pastura, decreciendo este al aumentar la densidad de los macollos y viceversa (Hodgson, 1990).

Con pastoreos intensos se obtiene una pastura con alta densidad de pequeños macollos de hojas pequeñas, ya que al reducir la longitud del pseudotallo por defoliación se reduce la longitud de las nuevas hojas (Skinner y Nelson, citados por Saldanha, 2009).

Cuando se trabaja con densidades bajas y no hay competencia por luz, puede darse un aumento en la materia seca por un aumento del tamaño de los macollos y en la densidad de los mismos o sólo por un aumento de la primera variable (Cullen et al., 2005).

Existen limitaciones morfológicas a la tasa de producción de área foliar como la máxima expansión de área foliar por macollo depende del número de hojas que se expanden simultáneamente por macollo, de la tasa de expansión foliar y del ancho de hoja (Matthew et al., citados por Saldanha, 2009). A medida que se desarrolla la pastura las hojas comienzan a ser más largas pero aparecen más lentamente y por lo tanto la tasa de crecimiento foliar/macollo permanece generalmente constante (Duru y Ducrocq, citados por Saldanha, 2009). La longitud de la lámina al inicio del rebrote, aumenta proporcionalmente más que la longitud de la vaina. La variación en el incremento del área foliar luego de una defoliación es en gran parte independiente de la intercepción de luz, estando determinada por la densidad de macollos, la tasa de elongación foliar y el área específica de las hojas (Matthew et al., citados por Saldanha, 2009).

Saldanha (2009) concluye que a mayor intensidad del pastoreo el tamaño de los macollos fue menor pero esto no fue acompañado de un incremento en el número de macollos sino al contrario. La limitante principal en el promedio del período no fue la luz, si el balance de fotosintatos. En los tratamientos más intenso con menor o nula área foliar remanente, se aceleró la muerte de macollos y retrasó la aparición de nuevos, debido seguramente a que la energía para el rebrote fue limitante. Esto se deduce de las relaciones encontradas entre el peso y densidad de los macollos pre pastoreo con el peso/macollo en el forraje remanente del pastoreo.

Al no manifestarse en general cambios compensatorios entre densidad y tamaño de macollos con la intensidad del pastoreo, el empleo de mayores ofertas de forraje permitirá una mayor persistencia productiva de las pasturas (Saldanha, 2009).

Pasturas mixtas que incluyen *Trifolium repens* como uno de sus componentes principales, pueden exhibir una gran variación morfológica bajo diferentes regímenes de pastoreo o corte, afectando la expansión de las plantas (Brink y Rowe, citados por Olmos, 2004). Los componentes de las plantas, tales

como su tamaño, el crecimiento de las yemas, están negativamente afectados por la presencia de las gramíneas acompañantes o por la defoliación (Fisher y Wilman, Newton y Hay, Singh y Sale, citados por Olmos, 2004), reduciendo el número de puntos de crecimiento por m². Cuando la intensidad de pastoreo es menor, el largo de las hojas será mayor. Otro factor a considerar es la altura de vaina, cuanto mayor es su largo, mayor será la fase de multiplicación celular, por lo tanto mayor será el tamaño final de la lamina (Fernández y Nava, 2008).

2.4.6 Efecto del pastoreo sobre la producción de forraje.

Cuando la pastura es sometida a pastoreo ocurren cambios sobre la producción, utilización, calidad, persistencia, composición y rebrote del forraje.

Si a las pasturas puras o mixtas de gramíneas y leguminosas se les permite crecer en forma ininterrumpida, el rendimiento de materia seca aumenta hasta un cierto punto con el aumento en la longitud del período de crecimiento (Langer, 1981).

Los periodos de descanso prolongados y un crecimiento muy vigoroso de la gramínea producen mayores rendimientos de materia seca, pero deprimen a los tréboles más que los periodos de descanso más cortos y las gramíneas menos vigorosas (Langer, 1981), esto se debe al mayor IAF de las primeras.

La cantidad de materia seca por hectárea de estolones, varía no solo por causa del método de pastoreo sino a causa de la estación del año, de acuerdo a lo reportado por Hay, citado por Olmos (2004).

El invierno es una época de escasez de forraje y que por consiguiente por más baja que sea la producción, es de gran valor y habrá que utilizarla con la mayor eficiencia posible. En esta época mediante pastoreos controlados y evitando siempre el sobrepastoreo, no sólo se efectuará una utilización eficiente del forraje, sino que se permitirá la penetración directa de los rayos de sol con lo que se favorecerá un mejor macollaje al alcanzarse intensidades más altas de luz y un mayor desarrollo de los puntos de crecimiento al ser elevadas las temperaturas a nivel del suelo (Carámbula, 1977).

Manejos de la pastura con sobre pastoreo en inviernos secos combinado con la falta de nutrientes disponibles en el suelo, pueden afectar negativamente el rebrote de plantas (Ennos, citado por Olmos, 2004)

Carámbula (1977) concluye que si una pastura es defoliada muy intensamente y son eliminados gran parte de los puntos de crecimiento vegetativo, el rebrote no podrá realizarse a través de la mayoría de las macollas

presentes y dependerá fundamentalmente de formación de nuevas macollas, por lo que el atraso en la producción de forraje será máximo. Estas pasturas tendrán una producción escasa y vida útil limitada.

Carámbula (1977), también señala que un pastoreo exagerado en verano provocara serios inconvenientes en los rebrotes y producción de forraje durante otoño e invierno.

Según Formoso, citado por Carámbula (2007b), el manejo erróneo del pastoreo en términos de frecuencia, intensidad y duración a que son sometidas las pasturas en las estaciones de verano y otoño, origina un descenso en la productividad invernal y anual, así como en la persistencia de las plantas forrajeras. Estas pueden disminuir su producción en valores de 50 % a 80 %, si son manejadas en forma incorrecta desde fines de primavera hasta mediados de otoño, valores que se magnifican en la medida que aumentan la frecuencia e intensidad del pastoreo estival y el porcentaje de gramilla presente.

Formoso (1996) expresa que en primavera es cuando se dan las mayores tasas de crecimiento del año y que para leguminosas los manejos de cortes frecuentes en esta época determinan las mayores disminuciones en términos absolutos del potencial de producción de forraje primaveral y consecuentemente anual.

Tanto el pastoreo continuo como el rotativo, son esencialmente parte de un mismo modelo de respuesta vegetal. De esta forma, lo que en un análisis superficial parece ser dos sistemas diferentes de manejo de defoliación, en verdad no son más que diferentes partes de una misma relación gobernada por la captura de recursos del medio y la utilización de biomasa (Nabinger, citado por Fernández y Foglino, 2009).

Almada et al. (2007) reportaron que la producción de materia seca y de biomasa verde se incrementan en forma similar al aumentar la oferta de forraje, hasta un máximo cuando la oferta es de 8 % del P.V., luego del cual decrece. Los mayores incrementos se dan al aumentar la asignación entre 2 y 4,5%. Por cada aumento porcentual de la asignación, al variar la misma entre 2 y 9,5%, la tasa de crecimiento se reduce en 327 kg/ha/% P.V.

Según Gómez, citado por Cangiano (1996), los incrementos en productividad de los sistemas de pastoreo pueden lograrse tanto a través del mejoramiento de la utilización del forraje producido como a través del aumento de la productividad de las pasturas, o alguna combinación de ambos factores.

Pallares y Pizzio, citados por Boggiano (2000), encontraron que la fertilización nitrogenada en pasturas nativas, con dosis de 0, 60 y 120 kg/ha de N, dio un aumento en la capacidad de carga de 61% con una eficiencia de 0,6 kg de PV/kg de N.

Boggiano (2000), comprobó la hipótesis de que existe mayor utilización de forraje en pasturas nativas con fertilización nitrogenada alta (170 y 200 kg/ha de N), que baja (0 y 30 kg/ha de N). En una oferta de forraje de 4 % PV el nivel de consumo en el tratamiento fertilización nitrogenada baja fue de 0,92 % PV, mientras que a altos niveles de fertilización el nivel de consumo se situó en 1,8 % PV, lo que representa un aumento del 98 %. Cabe resaltar que con un nivel alto de N y asignación de 4 % se alcanza un consumo mayor que elevando la asignación a 6 %. Esto significa que en condiciones de producción reales, cuando no se dispone de más área la fertilización nitrogenada puede ser una alternativa para aumentar la capacidad de carga de la pastura.

Almada et al. (2007) concluyeron que al disminuir la asignación de forraje se favorece la utilización del mismo, pero se provoca un descenso en la producción de materia seca y se pone en riesgo la persistencia de la pastura.

La calidad de la pastura no solo varía de acuerdo a la especie o cultivar, sino que también hay variaciones dentro de la misma planta, dentro de diferentes estados de madurez, de acuerdo a la fertilidad del suelo y dependiendo también de las condiciones locales y estacionales (Norton, citado por Gervaz e Indarte, 1996).

Experimentos llevados a cabo por Castro y Ferraroti (s.f.), en la estación de Bordenave INTA, arrojaron resultados en los cuales se concluye que el agropiro es sensible a la frecuencia de defoliación. En todos los casos mostró una explosión de crecimiento en primavera, una notable reducción del crecimiento en el mes de enero y un crecimiento cercano a cero en los meses de más fríos, junio, julio y agosto, pero durante el final del otoño y en invierno se puede consumir el forraje acumulado desde fin de verano a principio de otoño. Con la mayor frecuencia de defoliación (corte cada 21 días todo el año), la producción se redujo un 46 % respecto al tratamiento más productivo, en el que se hicieron los cortes cada 42 días durante todo el año. El tratamiento que alternó cortes frecuentes, cada 21 días, en primavera y otoño y cortes espaciados, cada 42 días, en verano y otoño, tuvo un rendimiento intermedio, en el que se redujo la producción un 29 % respecto al tratamiento de mayor rendimiento.

Estudios en la producción mostraron que el agropiro posee un marcado crecimiento primavero – estival y con crecimiento mínimos en invierno y

principios de primavera. Con un pico de producción noviembre-enero (37 kg/ha/día de MS), y con tasas de crecimiento en verano de alrededor de 24 kg/ha/día de MS, en otoño de 10 – 12 kg/ha/día de MS y 5 - 7 kg/ha/día de MS durante el invierno (Bavera, s.f.).

Castro y Ferraroti (s.f.) recomiendan que salvo condiciones muy favorables, no se debería pastorear con frecuencias (Intervalos) menores a 45 días, y con un crecimiento mínimo de 20 cm.

Uno de los aspectos negativos que se suele ver en el agropiro es su calidad. Este factor se puede paliar con un adecuado manejo del pastoreo. Mediciones de calidad en setiembre arrojan valores del 78,1 % de digestibilidad de la MS y de 70.6 % en diciembre. A partir de esta última fecha dichos valores comienzan a descender hasta 50 – 55 % de digestibilidad, a medida que avanza la fenología del cultivo. Los valores muy bajos de la calidad forrajera (38 – 40 % de digestibilidad) en general se deben a fallas en el manejo de la pastura: pasturas que se han dejado encañar o pasturas diferidas con una alta acumulación de forraje y principalmente forraje muerto en pie (Bavera, s.f.).

La búsqueda del buen balance entre gramíneas y leguminosas se basa en que al aumentar la proporción de las gramíneas en el tapiz y disminuir la presencia de las leguminosas produce un decremento en las producciones animales, mientras que al aumentar la contribución de las leguminosas en detrimento de las gramíneas incrementa las producciones animales, pero con serios riesgos de meteorismo. Un manejo eficiente de la luz a través de la defoliación, puede hacer variar las proporciones de las diferentes especies que constituyen la pastura. Así, si bien con defoliaciones frecuentes la mayoría de las leguminosas se ven favorecidas, debido a que con áreas foliares pequeñas absorben más energía que las gramíneas, en general estas últimas ven estimulado su crecimiento en los casos de defoliaciones poco frecuentes (Carámbula, 2007c).

Las variaciones que se registran en la composición botánica de las pasturas pueden conducir a desequilibrios entre las principales especies, ya sea gramínea o leguminosa, lo que lleva irremediablemente a pérdidas de producción de materia seca. Así, un exceso de trébol blanco conducirá a la falta de forraje en verano, y un exceso de gramíneas llevará a una baja disponibilidad de nitrógeno, y por lo tanto a una baja producción de forraje en invierno (Carámbula 2007c).

Heitschmidt, citado por Agustoni et al. (2008) reportó que la producción de plantas de porte erecto como el *Lolium perenne* y *Lotus corniculatus*, así como su persistencia, aumentan proporcionalmente con el largo de los periodos

de descanso, generando mayores producciones de forraje por hectárea en pastoreos rotativos, al ser comparados con pastoreos continuos.

Langer (1981) dice que eventualmente, se alcanza un equilibrio algo similar a un 70 % de gramínea y 30 % (porcentaje de suelo cubierto) de trébol, en pasturas sometidas a pastoreo.

Jones, citado por Carámbula (2007c) concluye que si bien gran parte del descenso en la productividad y el deterioro de la composición botánica de las pasturas sembradas es el resultado de manejos incorrectos, también enfatizó muy particularmente la importancia fundamental de las interacciones entre manejo y fertilización en el mantenimiento o mejoramiento de la composición y calidad de la pastura.

El manejo del pastoreo es uno de los factores que afecta con mayor intensidad la persistencia de la pastura. Hodgson y Sheath, citados por Carámbula (2007c) opinan que la interacción entre frecuencia e intensidad del pastoreo ejercen una influencia muy importante sobre el porcentaje de sobrevivencia de cada una de las unidades de crecimiento, tanto de macollas y tallos como de estolones y rizomas.

Al reducirse la relación rojo/rojo lejano que llega a la base de la pastura por sombreado del forraje acumulado verde en pastoreos menos intensos o frecuentes, se reduce el macollaje lo que puede afectar la persistencia de pasturas (Calsal et al., Gautier et al., citados por Saldanha, 2009).

2.5 CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA QUE AFECTAN EL CONSUMO Y EL DESEMPEÑO ANIMAL

Numerosos autores consideran que la variación en el consumo de forraje por animales en pastoreo es la principal determinante del desempeño animal (Stobbs, Hodgson, Poppi et al., Montossi et al., citados por Franco y Gutiérrez, 2009).

La cantidad de forraje, su valor nutritivo y la estructura de la vegetación a la que el animal tiene acceso, incide decisivamente en su consumo, comportamiento y productividad en pastoreo (Stobbs, Arnold, Hodgson, Legendre y Fornit, Fryxell, citados por Montossi et al., 2000).

Las características de las pasturas (composición botánica, cantidad, estructura, relación hoja/tallo, estado fenológico, composición química, digestibilidad) afectarán las ganancias de peso a través del efecto que tienen

sobre la ingestión total de nutrientes y del gasto del animal para lograr ese consumo (Guerrero et al., citados por Almada et al., 2007).

El producto animal generado a partir de la pastura depende de la calidad y cantidad del forraje producido, así como de la forma o eficiencia de utilización del mismo, el que a su vez se encuentra influenciado por la proporción de la oferta que es consumida y por su disponibilidad (Raymond, 1964).

El consumo de pastura constituye sin duda el principal componente a tener en cuenta cuando se pretende maximizar la producción vacuna en los sistemas pastoriles. La productividad de un animal dada cierta dieta, depende en más de un 70 % de la cantidad de alimento que pueda consumir y en menor proporción de la eficiencia con que digiera y metabolice los nutrientes consumidos (Waldo, citado por Agustoni et al., 2008).

Reid, citado por Fernández y Foglino (2009) estudiando la importancia relativa entre consumo de forraje y valor nutritivo por unidad de peso (MS indigestible, nutrientes digestibles totales y energía digestible) sugiere que, a medida que la calidad del forraje aumenta, la respuesta de los animales se puede atribuir en un 90 % al aumento del consumo y más o menos 10 % al aumento en el valor nutritivo por unidad de peso. Si bien estas cifras no deban considerarse como constantes, el punto importante es que el consumo tiene considerablemente más influencia por unidad de peso que el valor nutritivo.

2.5.1 Consumo en pastoreo

En condiciones de pastoreo el consumo puede ser expresado como el producto de la tasa de consumo (gramos/minuto) y el tiempo de pastoreo efectivo (minutos). La tasa de consumo, a su vez, puede ser descompuesta como el producto entre la tasa de bocados (bocados/minuto) y el peso de cada bocado individual (gramos) (Allden y Whittaker, citados por Agustoni et al., 2008).

El peso de cada bocado a su vez se compone del volumen de forraje cosechado por el animal y la densidad del horizonte de pastoreo. El volumen cosechado en un bocado individual va a ser resultado de la profundidad de pastoreo (plano vertical) y del área que el animal es capaz de cubrir con la lengua (Chilibroste, 1998).

La intensidad de pastoreo está directamente relacionada con la ganancia de peso vivo por animal y por hectárea. Presiones que permitan una alta disponibilidad de forraje por animal y posibilidad también de realizar pastoreo selectivo, lograrán una mejora en el comportamiento individual comparado a

presiones más altas, que son las que maximizan la producción por hectárea (Mott, 1960).

Algunos investigadores sostienen que la carga es la variable más importante en la determinación de la eficiencia de conversión de pasto a productos animales. Sin embargo ha sido difícil poder aislar los efectos que por separado producen la carga y el sistema de pastoreo (Wheeler, citado por Almada et al., 2007). El incremento de la carga animal incrementa en un principio la producción por hectárea al aumentar la eficiencia de cosecha del forraje, pero esa ventaja debe ser sopesada frente a la reducción en la ganancia por animal (Cangiano, 1996).

Los sistemas intensivos de pastoreo fuerzan la ingestión de fracciones con baja disponibilidad, lo que repercute en la producción animal (Minson, 1983). Según Mott (1960) la ganancia de peso por animal disminuye cuando la carga aumenta. Aumentos en la cantidad de forraje asignado cada 100 kg PV/día genera aumentos en la ganancia de peso por animal. La ganancia por hectárea, en cambio, aumenta con disminuciones en la cantidad de forraje asignada cada 100 kg PV/día, hasta cierto punto a partir del cual disminuye.

El valor nutritivo, la cantidad y la distribución de la pastura a la que el animal tiene acceso inciden decisivamente en el comportamiento y consumo en pastoreo (Stobbs, Arnold, Hodgson, Legendre y Fortin, Fryxell, Montossi et al., citados por Franco y Gutiérrez, 2009).

2.5.2 Disponibilidad

Rovira (1996) define la disponibilidad de forraje ofrecido como la cantidad de forraje que se ofrece a los animales en pastoreo en un momento dado y se mide en kilogramos de materia seca o materia orgánica por unidad de área o animal. Este parámetro además de afectar en forma directa el volumen de forraje consumido, modifica su calidad mediante la oportunidad de selección de la dieta (Carámbula, 1996).

Muchos autores han estudiado sobre el tema y coinciden en que existe una relación positiva entre la disponibilidad de forraje y el consumo del animal en pastoreo. En diferentes trabajos se constató una asociación entre el aumento del peso vivo y la disponibilidad de forraje (Chacon et al., Marsh, Jamieson y Hodgson, citados por Agustoni et al., 2008).

Según Hodgson (1990) las características de las pasturas que mayor impacto tienen sobre la disponibilidad son la altura y la estructura. La altura es un componente determinante del consumo animal y provoca un efecto

importante en el comportamiento ingestivo y en la productividad animal. Bajo un sistema rotacional, el forraje consumido y la productividad animal empiezan a declinar cuando la altura del forraje es menor a diez centímetros.

Agustoni et al. (2008) encontraron que la altura del disponible y remanente en relación a los kg de materia seca muestran una correlación de 99,5 % y 98 % respectivamente, con una tendencia lineal positivo.

En cuanto al patrón de consumo, la altura del forraje tiene un efecto directo en la profundidad y área de bocado, determinando el consumo por bocado. A medida que aumenta la altura del forraje el peso de bocado crece linealmente (Laca et al., 1992).

Hodgson (1990) señala que los animales responden más consistentemente ante variaciones en la altura del tapiz que en la disponibilidad del mismo, siendo la medición de la altura más fácil y de menor costo. El forraje rechazado o la altura residual o la eficiencia de utilización del forraje son parámetros más útiles que la disponibilidad ofrecida como para predecir el consumo de forraje y el desempeño animal. A su vez la altura del forraje tiene una mayor influencia sobre los componentes del comportamiento ingestivo (consumo por bocado, profundidad de bocado y volumen de bocado), y por lo tanto sobre el consumo, respecto a la densidad del forraje o la disponibilidad.

Por otra parte, Hodgson (1990) sugiere que la masa de forraje residual, la altura del forraje residual o la eficiencia de consumo de forraje (consumo de forraje/disponibilidad de forraje) son más útiles para predecir el consumo y el desempeño animal que la disponibilidad.

A medida que aumenta la altura de la pastura, se incrementa el consumo de forraje pero hasta cierto punto donde existen limitantes en cuanto a la cosecha del mismo (Hodgson, Allden y Whittaker, citados por De Barbieri et al., 2000). De la misma manera, Hodgson (1990) afirma que existe un punto crítico por encima del cual el pastoreo es restrictivo del consumo, pastoreos con alturas superiores a ese punto redundarían en reducciones en la digestibilidad. Con esto señala que los incrementos en el consumo de forraje son mayores en pasturas donde se logra controlar los cambios en la digestibilidad del mismo. Los incrementos en la altura del tapiz se asocian a incrementos en la madurez del mismo lo que determina reducciones en su digestibilidad del forraje consumido. Esto provoca la disminución en el consumo de forraje y en la eficiencia de conversión del alimento ingerido.

Por ello Hodgson (1990) concluye que la altura óptima de utilización del forraje depende de la asociación de especies componentes del tapiz vegetal y según la especie animal.

En lo que respecta a la estructura, éste es otro factor que afecta al consumo, a su vez ésta es afectada entre otros por los tipos y proporción de especies que se encuentran en el tapiz, el manejo del pastoreo, edad de la pastura, estación del año y condiciones de fertilidad (García, 1995).

Los principales parámetros que caracterizan la estructura de una pastura son la altura, la densidad y la distribución espacial de las plantas o parte de ellas. Ellos afectan de diferente forma la habilidad de los animales para satisfacer su apetito en un día de pastoreo (Carámbula et al., 1996).

Además la estructura de las pasturas está directamente vinculada con las especies que la componen, por la edad, estación del año y tipo de pastoreo. En pasturas mezcla de gramíneas y leguminosas, las hojas vivas se encuentran concentradas en la parte más alta y los restos secos, tallos y vainas en las partes más cercanas al suelo. Al aumentar la gramínea se da un aumento en la concentración de forraje en el horizonte inferior, particularmente en el periodo invernal (García, Hodgson, citados por Agustoni et al., 2008).

A mayor edad de la pastura, aumenta la densidad en el estrato inferior (0-5 cm), así como mayores porcentajes de materia seca y menor digestibilidad. La estructura de la pastura cambia con la estación del año, modificando la distribución espacial de la materia seca en los estratos. A medida que nos acercamos a las estaciones con mayores temperaturas, la densidad de las pasturas disminuye en el estrato inferior y tienden a aumentar en el estrato superior (García, 1995).

Cuando el tapiz de la pastura es uniforme, los animales pastorean en un plano vertical haciéndolo primero en las capas superiores más accesibles, para luego ir profundizando en el perfil hasta llegar al forraje senescente y muerto ubicado en la parte inferior de la pastura. A medida que el animal pastorea horizontes inferiores, se dificulta y deprime el pastoreo, disminuyendo además la digestibilidad de la pastura (Carámbula, 1996).

Hodgson (1990) opina que el tamaño de bocado se acrecienta con el aumento de la cantidad y densidad de hojas en la pastura y que los animales tienden a concentrar su pastoreo dentro de los horizontes superiores de las pasturas, los cuales ofrecen una mayor oportunidad de maximizar el consumo por bocado, a través del consumo de hoja verde.

En pastoreos rotativos hay cambios progresivos en estructura y calidad a medida que se va consumiendo la pastura por lo que la ingesta es variable en cantidad y valor nutritivo (Hodgson, 1990). Cada vez que los animales entran a una nueva franja el consumo es alto durante el primer tiempo. En este caso el forraje es altamente seleccionado, pero esta selectividad disminuye a medida que el tiempo transcurre y los animales permanecen en la misma franja. Al final del periodo ellos se ven forzados a consumir el forraje más maduro y menos digestible (Cubillos y Mott, citados por Agustoni et al., 2008).

Montossi et al., citados por De Barbieri et al. (2000) sostienen que la distribución vertical de los componentes de la pastura influye en el valor nutritivo de la dieta cosechada por los animales, donde los componentes nutritivos más importantes (hoja verde) desde el punto de vista de la nutrición animal se distribuyen en los estratos más altos de la pastura. Contrariamente, Hodgson (1990) afirma que el estrato inferior (0-5 cm) no sólo es menos accesible a los animales, debido a las limitantes físicas que ofrece al cosechar el forraje necesario para cubrir sus requerimientos diario, sino también, presenta los menores valores nutritivos.

La ganancia diaria por animal es mayor cuando los animales pastorean las partes más altas del tapiz que cuando pastorea la planta entera. A su vez las ganancias son mayores cuando pastorean la planta entera que cuando lo hacen en el horizonte más bajo del tapiz (Blaser et al., citados por Fernández y Foglino, 2009).

2.5.3 Valor nutritivo y digestibilidad

Una de las principales ineficiencias a la que se ven sometidos los sistemas ganaderos de engorde y leche es la pérdida de calidad del forraje, siendo cada vez más necesario contar con información para conocer con qué “margen biológico” las pasturas permiten lograr los objetivos de planteos de alta producción, como también para establecer su potencial para satisfacer los requerimientos de distintas producciones y de ciertos productos diferenciados (Agnusdei et al., 2006).

La calidad o valor nutritivo de una pastura depende principalmente de la etapa de crecimiento, de la relación tallo-hoja, de la cantidad de restos secos y de la composición química de las fracciones involucradas (Carámbula, 1996).

Los dos principales componentes de las pasturas (gramíneas y leguminosas) difieren en sus proporciones relativas de caña y hoja de la planta y en la digestibilidad de estos componentes (Carámbula, 1996).

El valor nutritivo de las pasturas se puede medir a través del contenido de proteína cruda y/o su digestibilidad. Estos valores varían a lo largo del año y a medida que avanza la madurez de la pastura, causado por alteraciones a nivel de los tejidos de las plantas, como es el caso de la lignificación y la proporción hoja/tallo, la cual descende con el avance de la pastura hacia el estado reproductivo (Van Soest, citado por Arocena y Dighiero, 1999). Hodgson (1990) agrega que el valor nutritivo de los componentes orgánicos está influenciado por la facilidad con que son digeridos e incorporados al tejido bacteriano, el lugar de digestión y absorción en el tracto alimenticio.

Al igual que la proporción de hojas, el contenido proteico del forraje cae en la medida en que aumenta la acumulación de biomasa. De hecho, se ha demostrado que toda acumulación excesiva acarreará inexorablemente un deterioro de la calidad de una proporción considerable del forraje total de la pastura. Si bien variaciones de este tipo ocurren también como consecuencia de cambios fenológicos, tales como pasaje al estado reproductivo, los resultados obtenidos en nuestros experimentos corroboran que las pasturas vegetativas están igualmente sujetas a marcadas variaciones de calidad si no son oportunas y adecuadamente pastoreadas (Agnusdei et al., 2006).

La concentración de los principales constituyentes orgánicos del tejido vegetal (compuestos de carbono y nitrógeno), son principalmente función de la madurez de la planta, existiendo mayor cantidad de componentes nitrogenados en los tejidos jóvenes. Luego que las plantas del tapiz alcanzaron la etapa reproductiva, existe una menor digestibilidad del forraje (Hodgson, 1990).

La estructura de la pastura se divide en cinco zonas, desde la base hasta la última hoja. En el primer corte que el animal realiza, arranca una gran parte de las hojas, correspondiente a la zona 1, donde se encuentran la mayor parte de los carbohidratos en forma de sacarosa y almidón. En el segundo y tercer corte, come resto de las hojas y parte de los tallos, donde los carbohidratos son transportados bajo formas simples (glucosa o fructosa). Finalmente en el cuarto y quinto corte, se consume las partes más bajas de los tallos, donde los carbohidratos se encuentran en formas más complejas (Meunier, citado por Fernández y Foglino, 2009).

Carámbula (1996) sostiene que la cantidad de forraje ingerido depende del grado de madurez del mismo. En estado vegetativo, el valor nutritivo de hojas y tallos de gramíneas es bastante similar. A medida que la pastura pasa a estado reproductivo, los tallos se vuelven cada vez menos digestibles y descende su contenido de nitrógeno.

Cuando se dispone de un forraje de baja calidad, o sea con baja digestibilidad ó porcentaje de proteína, aumenta el tiempo de retención en el rumen y se enlentece la tasa de pasaje en el rumen por la actividad ruminal pobre. El rumen se mantiene distendido y el animal deja de consumir (Ganzábal, 1997). Como la digestibilidad declina progresivamente con la edad de la pastura se espera que el consumo también se reduzca progresivamente al madurar el forraje (Hodgson, 1990).

Un parámetro de actualidad en la valoración nutritiva del forraje es el contenido de carbohidratos no estructurales (%CNES). Las eventuales implicancias en producción animal de las variaciones del % CNES en las pasturas es aún tema de amplio debate y de intensa investigación que todavía no ha permitido arribar a conclusiones definitivas. Más allá de ello, este tipo de resultados sugieren que las pasturas pueden ser una fuente de razonable valor energético para el ganado, aún en condiciones que favorezcan un rápido crecimiento y, por ende, niveles submáximos de %CNES en el forraje (Agnusdei et al., 2006).

Ganzábal (1997) afirma que los factores de origen nutricional de los alimentos, principalmente la digestibilidad y la proteína cruda, comienzan a tener importancia cuando la oferta de forraje se aproxima al máximo que el animal puede consumir. Baumgardt, citado por Ganzábal (1997) considera que cuando el animal tiene acceso a una oferta ilimitada de forraje el consumo aumenta la incrementarse el valor nutritivo de la pastura seleccionada.

Cuando el forraje es de alta calidad, el consumo está regulado principalmente por mecanismos fisiológicos y depende particularmente de la concentración de energía del alimento (Montossi, citado por De Barbieri et al., 2000).

En el caso de raigras perenne, que es considerada la gramínea “forrajera de alta calidad” por excelencia, la falta de confianza respecto del resultado productivo de animales que pastorean pasturas de otras gramíneas es una figura generalizada. Los resultados presentados indican que esta situación podría revertirse si los manejos aplicados tendieran a maximizar la contribución de la fracción hojas de la pastura, conformando de esa forma estructuras que faciliten el pastoreo y que mantengan un alto valor nutritivo para el ganado (Agnusdei et al., 2006).

Actualmente se han iniciado estudios comparativos que incluyen forrajeras templadas y tropicales para analizar la relación entre envejecimiento del forraje y el incremento en la indigestibilidad de la fibra. Los resultados que se obtengan, al igual que los disponibles para el resto de las características

previamente presentadas, son susceptibles de integrarse en modelos de crecimiento de pasturas para predecir la evolución de la calidad nutritiva del forraje y definir los momentos apropiados de utilización (Agnusdei et al., 2006).

2.5.4 Desempeño animal

Mott, Hodgson, citados por De Barbieri et al. (2000) sostienen que la producción animal resultante en condiciones de pastoreo es el producto de la producción por animal (limitada por el potencial genético) y el número de animales por hectárea. Esta función está influenciada marcadamente por el consumo de nutrientes por animal, el cual depende de las características del tapiz y de la habilidad de cosecha de las diferentes especies y categorías animales en el proceso de pastoreo.

Otros autores agregan que la producción animal es el resultado del valor nutritivo de un alimento dado, del consumo del mismo, de la proporción de lo consumido que es digerido y de la eficiencia de utilización por parte del animal de los productos de su digestión (Ulyatt et al., citados por De Barbieri et al., 2000).

La carga animal es la variable de manejo que ejerce uno de los mayores impactos sobre la productividad y estabilidad del ecosistema pastoril. Se requiere un ajuste de acuerdo a las condiciones ecológicas y de producción del establecimiento, tratando de lograr la máxima productividad animal y a la vez una mayor eficiencia económica (Carámbula, 1991).

El mismo autor afirma que cuando se incrementa la carga animal, la ganancia de peso individual disminuye, a causa de una menor selectividad animal y una menor disponibilidad de materia seca. Con cargas bajas, los niveles de producción por animal son altos, debido a la posibilidad de realizar un pastoreo selectivo, permitiendo que los animales consuman forraje con un mayor nivel nutritivo. Hodgson (1990) establece que este aumento en el valor nutritivo y en el desempeño animal no compensa una disminución en la producción total por hectárea como consecuencia de la baja eficiencia en la utilización del forraje.

La intensidad de pastoreo es el principal factor que afecta la productividad de un sistema pastoril y puede ser regulado a través de la carga (tipo y número de animales/unidad de área) y el método de pastoreo, el cual afecta la distribución espacial y temporal de los animales en los diferentes potreros (Escuder, citado por Fernández y Foglino, 2009).

Según Agustoni et al. (2008) la producción por hectárea aumenta dentro de cierto rango debido a que la tasa de incremento en la carga es mayor que la tasa de disminución en la producción por animal. Luego, la producción por hectárea también desciende, a causa del marcado descenso en la producción por animal.

La carga óptima permite cumplir estos objetivos, permitiendo el mejor aprovechamiento del recurso forrajero (Ganzábal, 1997).

De acuerdo a lo estudiado por Agustoni et al. (2008) sobre el efecto de la asignación de forraje sobre la productividad de una pastura de segundo año de raigras perenne, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, la “capacidad de carga”, o sea, la carga animal óptima que puede soportar la pradera, es la mejor estimación del rendimiento de la misma en términos de número de animales. En este caso la carga óptima estaría comprendida entre 5,6% y 6,8% de asignación.

Hodgson (1990) sostiene que la relación entre la altura y la producción animal es positiva si se aplica a aquellas pasturas basadas en especies de hábito postrado y alta capacidad de macollaje como las formadas por raigras perenne y trébol blanco. Vaz Martins y Bianchi (1982) encontraron una relación lineal entre la altura del forraje rechazado y la ganancia diaria de terneros pastoreando una pradera de leguminosas y gramíneas. Risso y Zarza (1981) encuentran que la ganancia diaria media aumenta a medida que se incrementa la disponibilidad del rechazo, hasta un punto por encima del cual los sucesivos aumentos no generan variaciones en la ganancia de peso.

El manejo del pastoreo es un medidor que regula el balance entre la producción por animal y la producción por unidad de superficie (Blaser et al., citados por Fernández y Foglino, 2009). Según Hodgson (1990) los sistemas de pastoreo pueden ser divididos en continuos e intermitentes. En el pastoreo “continuo” se mantienen los animales en el mismo potrero durante todo el tiempo, mientras que en el “intermitente” los animales pastorean parcelas durante un tiempo variable entre un día a varias semanas. Cuando en este último se vuelven a pastorear las mismas parcelas luego de un periodo de tiempo se le denomina pastoreo “rotativo”.

Carámbula (1996) señala que la principal finalidad del pastoreo “rotativo” es utilizar la pastura cuando está alcanza un equilibrio adecuado entre un alto rendimiento de materia seca por hectárea y un máximo valor nutritivo. Con esta finalidad los pastoreos se efectúan en diferentes potreros mediante periodos de ocupación y descanso, los que se fijan de acuerdo a la cantidad de forraje disponible. En este caso según Hodgson (1990) las divisiones de las parcelas

pueden realizarse temporariamente ajustando la carga o la asignación deseada. El tiempo entre dos defoliaciones sucesivas es el que determina el número de parcelas que serán utilizadas.

Especies comúnmente consideradas “forrajeras de baja calidad”, como festuca alta y agropiro alargado, advierten claramente que este fenómeno está muy ligado al manejo de las pasturas. En ellos, como resultado de manejos orientados a favorecer estructuras tipo césped (foliosas, densas y con alta proporción de tejido foliar joven), con cargas animales relativamente altas para realizar un uso eficiente del forraje producido, la calidad nutritiva del forraje ofrecido resulta comparable a la que se obtiene con especies o cultivares de alta reputación y ganancias diarias de peso vivo a lo largo del año semejantes a las obtenidas en ensayos de suplementación energética, en el rango de los 700-1000 g/día (Agnusdei et al., 2006).

Si los factores intrínsecos al animal no son los limitantes, la producción animal y por hectárea está determinada fundamentalmente por las variaciones en disponibilidad, calidad y valor nutritivo de las pasturas (Allegrí, 1982).

La intensidad de pastoreo está directamente relacionada con la ganancia de peso vivo por animal y por hectárea. Manejos que permiten una alta disponibilidad de forraje por animal y la posibilidad de realizar pastoreos selectivos, lograrán un aumento en el comportamiento individual comparado a presiones de pastoreo más altas, que son las que maximizar la producción por hectárea (Mott, 1960).

Las variables de producción más ilustrativas que afectan el desempeño animal y/o el resultado económico de los sistemas pastoriles son la ganancia media diaria y la producción de carne por hectárea. Agustoni et al. (2008) encontraron que a mayores asignaciones, mejor es el desempeño individual de los animales, obteniendo ganancias de 0,6 kg para 2 % de OF, casi 1,4 kg para 4,5 %, 1,45 kg para 7 % y 1,75 kg para 9 % de oferta de forraje. Por otro lado, la producción de carne obtenida no muestra la misma tendencia, ya que en este ensayo osciló entre 400 y 600 kg/ha, mientras que para el primer año de evaluación estudiado por Almada et al. (2007) las producciones se encontraron entre los 700 y 1200 kg/ha de carne.

Fernández y Foglino (2009) trabajando con novillos holando de 450 kg de peso vivo, obtuvieron ganancias diarias similares de 2 kg con una asignación de forraje del 6 % produciendo 410 kg/ha de carne. Por otro lado Fariña y Saravia (2010) trabajando con la misma asignación obtuvieron ganancias diarias de iguales a las mencionadas anteriormente con una producción de carne de 567 kg/ha.

Los objetivos de producción, dependiendo del producto que se desea obtener, buscan maximizar el desempeño individual o desempeño por superficie. Algunos de los sistemas más intensivos de pastoreo buscan una máxima eficiencia en la utilización del forraje, la cual se traduzca en una mayor producción por unidad de superficie, el cumplimiento de este objetivo dependerá del tipo de pastura y animal utilizados y de la carga animal (Conway, citado por De Barbieri et al., 2000).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 OBJETIVOS

Evaluar diferentes niveles de fertilización nitrogenada invierno-primaveral sobre la productividad de una mezcla de segundo año compuesta por *Lolium perenne*, *Trifolium repens*, *Lotus Corniculatus* y *Agropyron elongatum*, la evolución de la composición botánica y la producción de carne sobre la misma.

3.2 CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

3.2.1 Localización y periodo experimental

El presente trabajo se realizó en el potrero No. 34 en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni, Facultad de Agronomía, Universidad de la Republica, Paysandú, Uruguay, a 32°23'27.71" de latitud sur y 58°03'41,76" de longitud oeste. El periodo de estudio comprendió entre el 3 de agosto y el 30 de noviembre del 2009, sobre una pradera de segundo año de la mezcla forrajera.

3.2.2 Descripción del sitio experimental

Según la carta de reconocimiento de suelos del Uruguay (Carta 1:1.000.000), el área experimental se encuentra sobre la unidad de suelos San Manuel, formación Fray Bentos, la cual se caracteriza por poseer como suelos dominantes Brunosoles Éutricos Típicos superficiales a moderadamente profundos de textura limo arcilloso, en asociación con Brunosoles Eutricos Luvicos de textura limosa y Solonetz solodizados melánicos de textura franca.

3.2.3 Antecedentes del área experimental

En cuanto a la historia de la chacra, anteriormente a la siembra de la mezcla se encontraba sorgo destinado a la producción de forraje. Este último fue pastoreado hasta mediados de mayo de 2008, luego de esto se aplicaron sobre el rastrojo 4 litros de glifosato por hectárea (360 gramos de ingrediente activo), con el fin de matar el sorgo.

El 15 de junio del 2008 se sembró la mezcla a razón de 15 kg/ha de *Lolium perenne*, 2 kg/ha de *Trifolium repens*, 8 kg/ha *Lotus corniculatus* y 23 kg/ha de *Agropyron enlongatum*.

Al momento de la siembra se fertilizó con 100 kg/ha de 18-46-0, y luego del primer pastoreo a mediados de setiembre del 2008 se aplicaron 100 kg/ha de urea, ambas fertilizaciones fueron realizadas al voleo.

3.2.4 Tratamientos

Consistieron en cuatro niveles de fertilización; 0 (testigo), 50 (23 kg de N), 100 (46 kg de N) y 150 (69 kg de N) kg de urea (46-0-0) siendo estos aplicados en tres momentos a razón de 50 kg/ha por aplicación luego de la salida de los animales. El primero en el mes de agosto, el segundo en setiembre y el tercero en el mes de octubre, posterior a la salida de los animales de cada parcela.

3.2.5 Pastoreo

Los tratamientos se pastorearon con dieciséis terneros de la raza holando de 12 a 14 meses de edad que ingresaron al experimento con un peso inicial promedio de 160 kg, siendo estos asignados a los tratamientos al azar, de tal forma que el peso vivo promedio de los tratamientos sea similar. Los mismos ocuparan un bloque a la vez, pastoreando de a cuatro terneros por tratamiento. En total se realizaron tres pastoreos, siendo la fecha de ingreso al primer pastoreo el día 04/08/09 y finalizando en tercer pastoreo el día 19/11/09.

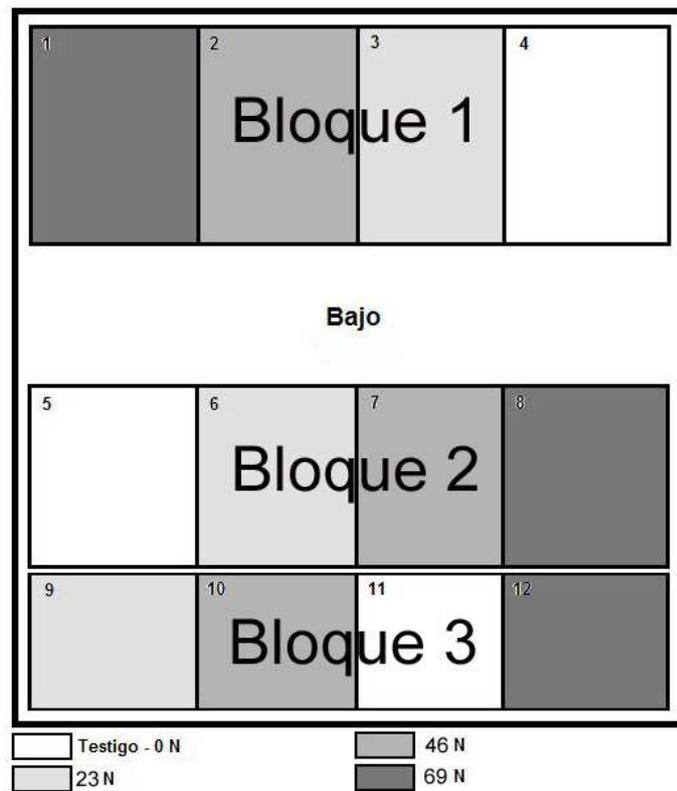
Cada pastoreo tuvo una duración por bloque de diez días aproximadamente, teniendo como criterio para retirar los animales y pasarlos al siguiente bloque cuando el remanente alcanzó una altura de 5 cm. El mismo comenzó en el bloque 1, pasando al 2 y terminando en el 3, totalizando así unos 30 días para finalizar el primer pastoreo y así sucesivamente.

3.2.6 Diseño experimental

El diseño experimental fue de bloques completos con parcelas al azar. Se consideraron tres bloques de 1.96, 1.52 y 1.07 hectáreas. Cada uno de

estos se encuentra subdividido en cuatro parcelas de igual tamaño, las que se sortearon los cuatro tratamientos, totalizando doce parcelas.

Figura No. 1: Croquis de la disposición de los bloques y tratamientos del diseño experimental



3.3 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

La metodología se basa en la medición de la materia seca disponible, composición botánica, porcentaje de malezas, porcentaje de suelo desnudo y altura del tapiz. Así como también cuantificar la evolución del peso vivo de los animales durante el total del periodo y sus ganancias diarias.

3.3.1 Disponibilidad y remanente de la materia seca

El método utilizado para medir disponibilidad y remanente fue el de doble muestreo (Haydock y Shaw, 1975). Este método consiste en la determinación

de 3 o 5 escalas visuales dependiendo de la heterogeneidad de la pastura al momento del muestreo. Para determinar cada punto de la escala se utilizó un rectángulo de 0,2 por 0,5 metros asociando los valores de la escala según la disponibilidad de la pastura, siendo esta estimada de acuerdo a las variables altura y densidad del tapiz.

Una vez definida la escala se cortó por cada punto tres muestras al ras del suelo del área comprendida dentro del rectángulo (previamente se midió altura y composición botánica y porcentaje de suelo desnudo de las mismas).

Posteriormente se realizó un muestreo sistemático de 30 observaciones cada 10 pasos dentro de cada parcela a las que se le mide la altura y se le adjudica un punto de la escala, como forma de obtener un valor promedio de cada variable.

Las muestras de forraje obtenidas en cada corte se pesan para obtener el peso fresco y luego se secan a estufa durante 48 hs a 60 °C para determinar el peso seco de la misma.

Luego del proceso de secado, se vuelve a pesar cada muestra obteniéndose así los datos necesarios para calcular la disponibilidad de materia seca por hectárea, utilizando la ecuación de regresión entre altura en centímetros y kilogramos de materia seca por hectárea y entre el valor de escala y kilogramos de materia seca por hectárea. Para estimar la disponibilidad se sustituyó en la incógnita de la ecuación, el valor promedio resultante de las 30 observaciones, utilizando siempre la variable que presentara mayor coeficiente de determinación.

Para el cálculo de remanente, se utilizó el mismo procedimiento al final de cada pastoreo.

3.3.2 Altura del disponible y remanente

La altura del disponible es la altura promedio obtenida a partir de las alturas de las 30 observaciones del forraje en las parcelas antes de comenzar el pastoreo. La altura del remanente se determina de la misma manera pero luego del pastoreo.

Para la determinación de altura en los puntos donde se fijaron las escalas, se tomaron cinco medidas en diagonal por rectángulo. En cuanto a la altura para las repeticiones, las mismas se tomaron en el centro de cuadro. El criterio para determinar la altura en todos los casos fue la punta de la hoja más alta de la zona donde se apoyaba la regla. El valor de altura de cada parcela se calculó como el promedio de las alturas de las treinta observaciones.

3.3.3 Materia seca desaparecida

La cantidad de materia seca desaparecida se calculó como la diferencia entre la disponibilidad de forraje y el remanente luego del pastoreo.

3.3.4 Porcentaje de forraje desaparecido

Representa la cantidad de forraje desaparecido en relación a la cantidad porcentual de materia seca disponible antes del pastoreo.

3.3.5 Producción de forraje

La producción de forraje (kg/ha de MS) se calculó como la diferencia entre la materia seca disponible antes del pastoreo y la cantidad de materia seca correspondiente al remanente del pastoreo anterior, ajustada por los días de crecimiento en pastoreo.

3.3.6 Tasa de crecimiento promedio

La tasa de crecimiento promedio del forraje (kg/ha/día de MS) se determinó como el crecimiento de forraje entre dos pastoreos sucesivos dividido el número de días ocurridos entre los mismos.

3.3.7 Composición botánica

Se evaluó la composición botánica a través del método botanal (Tothill et al., 1978) el cual utiliza la apreciación visual como herramienta de medición. Se tomaron datos de composición antes y después del pastoreo.

Esta evaluación determina la proporción (%) en biomasa en que se encuentra cada fracción que compone la mezcla sembrada, distinguiéndose entre *Lolium perenne* y *Agropyro elongatum* (gramínea), leguminosas y malezas. La fracción suelo desnudo se estimó independiente de las anteriores dentro del rectángulo como porcentaje de la superficie ocupada. Para cada parcela se promedian ponderadamente por su biomasa las treinta mediciones obteniendo así un valor que representa la composición botánica de cada parcela y posteriormente del tratamiento.

3.3.8 Peso de los animales

Se realizaron cuatro pesadas cada 30 días mediante el uso de balanza eléctrica por la mañana con previo ayuno y restricción de agua. La primera de ellas el 04/08 se realizó antes de que los animales entraran al primer pastoreo para determinar el peso promedio de los animales al comienzo de la evaluación. Los siguientes 04/09, 25/09 y el 31/11 se realizaron luego de finalizado cada pastoreo, tomándose para el periodo experimental a partir de la segunda.

3.3.9 Ganancia de peso diaria

La ganancia de peso diaria (kg/animal/día) se calculó dividiendo la diferencia del peso vivo final al 31/11 e inicial 04/08 (ganancia total) sobre los días totales de pastoreo.

3.3.10 Producción de peso vivo por hectárea

Esta variable expresa los kilogramos de peso vivo producidos por hectárea durante el periodo experimental. En el caso del experimento en cuestión, se calculó dividiendo la ganancia total de peso en el periodo total de pastoreo obtenido en cada tratamiento por separado sobre la superficie de cada tratamiento.

3.3.11 Asignación de forraje

La asignación de forraje es la cantidad de forraje ofrecido por cada 100 kilogramos de peso vivo animal por día. Se calculó a partir del cálculo de

disponibilidad de materia seca y el peso vivo de los animales al momento de ingresar al pastoreo.

3.4 HIPOTESIS

3.4.1 Hipótesis biológicas

- El agregado de nitrógeno aumenta la producción de forraje.
- El agregado de nitrógeno afecta la producción botánica.
- El agregado de nitrógeno aumenta la producción del peso vivo de los animales.

3.4.2 Hipótesis estadísticas

Ho: $\alpha_1=\alpha_2=\alpha_3=\alpha_4=0$

Ha: al menos un efecto del tratamiento es diferente de cero

Ho: $\beta=0$

Ha: $\beta\neq 0$

3.5 ANALISIS ESTADÍSTICO

La información se procesó mediante el programa Microsoft Office Excel 2003, las variables medidas se las analizó por medio del análisis de regresión lineal con una probabilidad de 0,1, debido a la heterogeneidad de los suelos entre bloques. En caso de otro tipo de relación se analizó mediante el paquete estadístico SAS.

Los modelos estadísticos utilizados fueron los de ANOVA en DBCA y los de regresión lineal, siendo respectivamente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

μ es el efecto de la media general.

T_i es el efecto del i ésimo agregado de nitrógeno $i= 0, 23, 46, 69$.

β es el efecto del j ésimo bloque $j=1, 2, 3$.

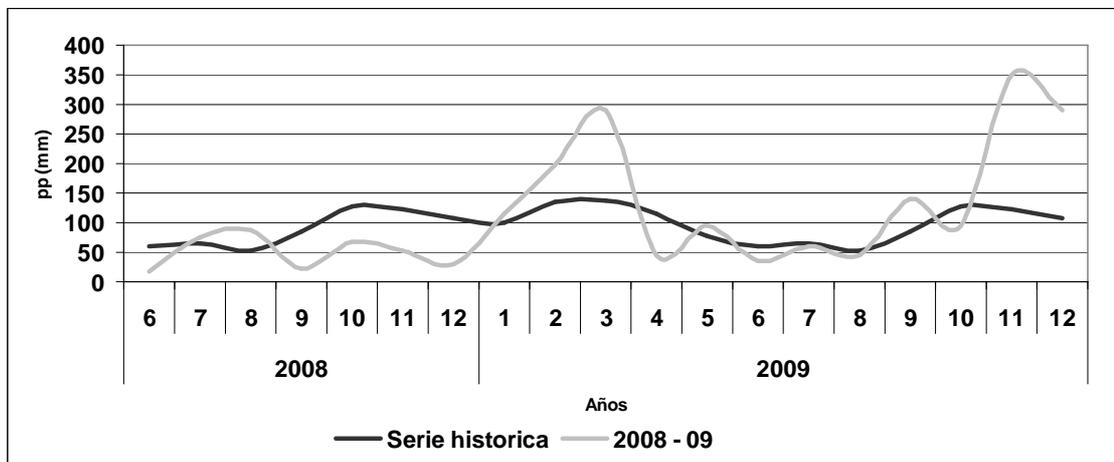
ϵ_{ij} es el error experimental.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 DATOS METEOROLOGICOS

A continuación se presentan los registros de precipitaciones acumuladas mensuales correspondientes al periodo junio de 2008 – diciembre de 2009 comparados con los valores promedios de la serie histórica que contempla valores del periodo 1971 – 1995 y los años 2006, 2007, 2008 y 2009.

Figura No. 2: Registro de precipitaciones.



Se cree de importancia estudiar la variable precipitaciones mensuales en un lapso mayor al experimental, ya que por estar bajo estudio una pradera de segundo año, el comportamiento de las precipitaciones anterior al periodo experimental es fundamental para entender el comportamiento de algunas variables.

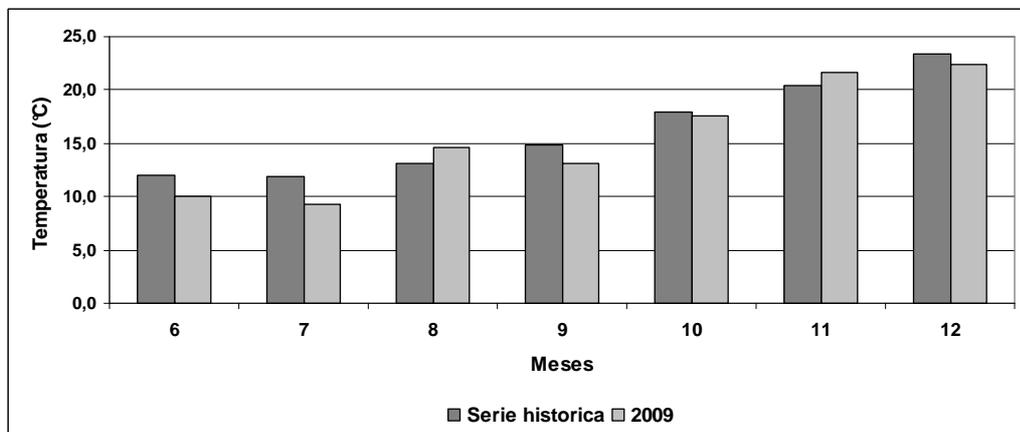
Como se observa en la figura anterior, para el periodo de junio del 2008, donde se sembró la pradera, las precipitaciones fueron 44 mm inferiores a las de la media histórica, luego en los próximos dos meses hubieron valores sensiblemente superiores a la misma, estos fueron 10 y 35 mm respectivamente, para después caer nuevamente con máximos de 78 mm hasta fin de ese año.

Esta situación crea la dificultad de lograr establecer una alta densidad poblacional principalmente para el raigrás y trébol blanco donde su persistencia se ve muy afectada por la escasez hídrica ya que no tolera las sequías. Para el

caso de agropiro esta especie presenta tolerancia a inundaciones frecuentes y sequía, por lo que no se vio tan afectada.

Para el periodo experimental podemos afirmar que no existieron grandes diferencias con la media histórica entre los meses de julio y octubre, pero si en los meses noviembre y diciembre, donde encontramos diferencias a favor del año 2009 de 227 y 118 mm respectivamente. Por lo expuesto anteriormente consideramos que las precipitaciones ocurridas durante el periodo experimental no fueron una limitante para el desarrollo de las especies presentes.

Figura No. 3: Registro de temperaturas



Las temperaturas medias mensuales presentan diferencias con el promedio de la serie histórica. Para el intervalo junio – setiembre, ocurrieron en promedio temperaturas 1,3 °C por debajo de la serie histórica, mientras que para los meses octubre, noviembre y diciembre, no hubo diferencias entre el año experimental y la serie histórica

Según Carámbula (2007a), las especies con metabolismo tipo C3 como *Lolium perenne*, *Trifolium repens*, *Lotus corniculatus* y *Agropyron enlongatum* tienen buen desarrollo con temperaturas de 15 a 20 °C, por lo tanto podemos afirmar que durante el periodo de junio – setiembre, la temperatura no fue óptima para un máximo crecimiento ya que se registró una temperatura promedio de 13 °C, pero esto se revirtió entre los meses octubre – diciembre donde se registraron 20,6 °C promedio, valor que predispone un mayor crecimiento y desarrollo de la mezcla forrajera sembrada.

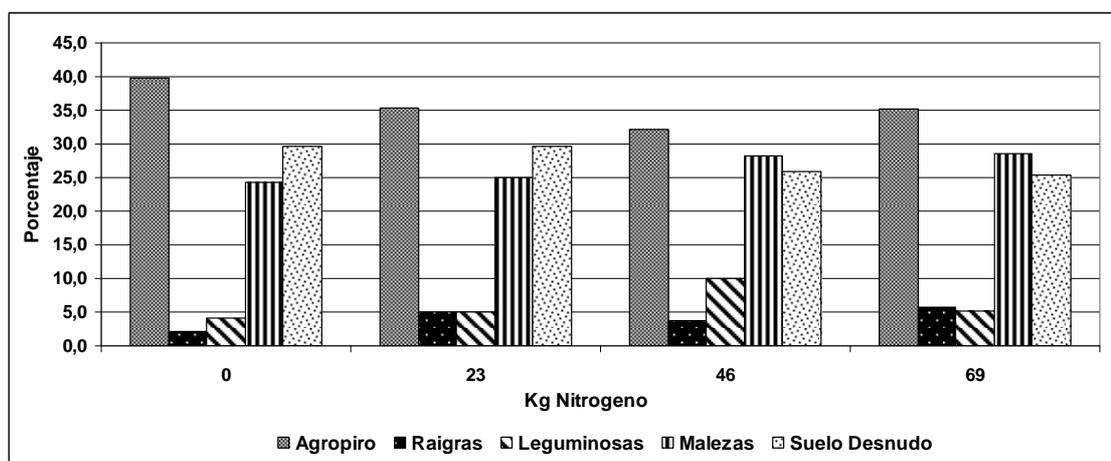
Teniendo en cuenta los datos climáticos presentados anteriormente, podemos considerar que las precipitaciones acumuladas mensuales durante el

periodo experimental no fueron una limitante para un buen desarrollo de las especies presentes en la mezcla, pero si la temperatura donde ésta limitó durante los primeros meses de experimento el crecimiento de la misma.

4.2 COMPOSICIÓN BOTÁNICA

A continuación se presenta la composición botánica final (30/11/2009), para cada tratamiento.

Figura No. 4: Composición botánica



Analizando los resultados se puede ver el alto aporte del componente gramínea comparado al de leguminosas para cualquiera de los tratamientos. El 87% de la mezcla corresponde a gramíneas, mientras que el restante 13% son leguminosas (tomando como 100% la suma de trébol blanco y lotus), esto no concuerda con lo dicho por Rebuffo (1994), Ennick, Mackenzie, citados por Mazzanti et al. (1997), los cuales hacen referencia que en el país las mezclas de segundo año están generalmente compuestas en su mayoría por leguminosas.

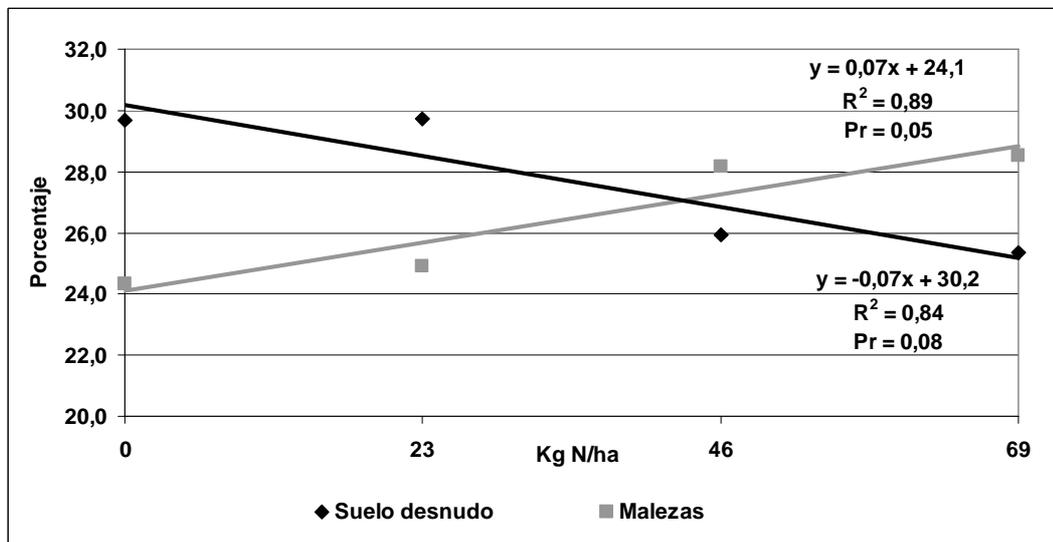
Los valores anteriores, hacen referencia a una pastura desbalanceada en el aporte de sus especies. Al sembrar una pastura compuesta por gramíneas y leguminosas se busca una relación de composición de 60/40 de las mismas respectivamente. Esta relación es óptima para que la pastura produzca un buen porcentaje de fibra y proteína y proveer buenas condiciones para lograr buenas producciones de carne. Además de esto Carámbula y Santiñaque (1981) afirman que se debe tener en cuenta que una pastura mezcla integrada por especies gramíneas y leguminosas no solo debe tener como objetivos producir

altos rendimientos de materia seca distribuidos uniformemente durante el año con un elevado valor nutritivo durante varios años, sino que también permite tener los menores riesgos de enmalezamiento, la cual es una variable importante que pone en riesgo la durabilidad de la pastura.

La proporción de agropiro y raigras dentro del componente gramínea no varió con el agregado de nitrógeno, siempre hubo un mayor aporte de agropiro comparado con raigras, pero la proporción siempre fue la misma ya que no hubo diferencias significativas (Anexo 1).

Las variables que mostraron diferencias significativas entre tratamientos fueron suelo descubierto y malezas. El primero disminuyó con el agregado de nitrógeno, pero esta disminución no fue explicada por un aumento de las gramíneas y leguminosas sembradas, sino que es debido a un aumento del enmalezamiento que se vio favorecido con el agregado de nitrógeno. La evolución de estas dos variables se observan en el siguiente grafico donde las curvas presentan la misma pendiente pero con signo contrario.

Figura No. 5: Evolución de suelo descubierto y malezas



Albano et al. (2010) afirman que pasturas en condiciones ambientales desfavorables, con marcado déficit hídrico y altas temperaturas provocan una depresión del crecimiento de las especies sembradas reduciendo su capacidad de competencia frente a las malezas. Las principales malezas presentes durante el experimento fueron *Cerastium glomeratum*, *Ammi sp.*, *Bowlesia incana* y *Anagalis arvensis*, estas fueron capaces de invadir nuevos hábitats y

de soportar alteraciones del ambiente y competir en forma ventajosa con las especies cultivadas, ya que la evolución de estas variables se explica por que los espacios libres dejados por las especies productivas fueron colonizados por las malezas y por la escasa capacidad de colonizar del agropiro y que en este experimento en particular no presento resiembra.

Por otro lado, se destaca el bajo aporte de las leguminosas y al raigras ya que si se toma la proporción promedio de todos los tratamientos, estuvieron en valores de 6,1% y 4,1% respectivamente, mientras que el agropiro ocupó un 35,6% seguido por las malezas las cuales ocuparon el 26,5% y el restante 27,7% fue suelo descubierto. Estos valores son, en parte, consecuencia de un desbalance registrado en un periodo anterior al estudiado, ya que Albano et al. (2010) trabajando en esta misma pradera, en el periodo estival anterior al del presente experimento, reportan valores al final de su experimento de 41% para agropiro, 2% para raigras, 0% leguminosas, 34% de suelo desnudo y 23% de malezas. Estos autores afirman que al comenzar su experimento y evaluar el componente leguminosa se podía observar la desaparición total del trébol blanco y un muy bajo aporte del lotus. Esto concuerda con lo dicho por Carlson et al. (1985) quienes hacen referencia que el déficit hídrico compromete la persistencia de las especies, principalmente al trébol blanco que no presenta buen comportamiento cuando se enfrenta a periodos de escasez de agua. Sin embargo no coincide con Zanoniani y Ducamp (2004), el cual hace referencia que el *Lotus corniculatus* presenta un sistema radicular pivotante profundo el cual lo hace poseer mayor resistencia a la sequía. El mencionado déficit también comprometió la persistencia del raigras donde ésta se ve muy afectada por épocas de escasez hídrica, esto provoca la disminución de la capacidad de competir con malezas especialmente cuando decrece la población y vigor de plantas Carámbula (2007a).

En cuanto al agropiro, no se vio tan afectado por el déficit hídrico ya que este presenta buena tolerancia al mismo como menciona Castro y Ferraroti (s.f.), Carámbula (2007a). Por otro lado, el gran peso de esta especie como componente de la mezcla también se lo asocia a que el cultivar Rayo INTA se adapta a suelos con capacidad de uso limitada tanto por hidromorfismo y alcalinidad como por drenaje excesivo (Fernández y Foglino, 2009), algunas de las características que presentan los Solonetz solodizados melánicos, suelo asociado que se encuentra en el potrero del experimento que perjudica el establecimiento para otras especies.

El principal factor que afectó el comportamiento de la mezcla, fue el déficit hídrico ocurrido en el verano del primer año de la pradera, el cual provocó el desbalance de la mezcla ya que el manejo de defoliación como se verá mas adelante fue el recomendado para las especies.

4.3 FORRAJE DISPONIBLE

Cuadro No. 1: Disponibilidad (kg/ha de MS) promedio

Tratamiento	Kg MS Promedio
0	1123
23	1575
46	1397
69	1571

Con referencia a la cantidad de forraje disponible promedio, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. A pesar de ello la mayor variación se encuentra de pasar desde 0 N a 23 N con un incremento de 450 kg/ha de MS, lo que equivale a un 40 % más de disponibilidad.

La disponibilidad es atribuida en mayor parte a la producción del componente gramínea y las malezas, y dentro del primer componente el mayor aporte lo hace el agropiro. En este experimento se trata de una mezcla de segundo año que al estar dominada por gramíneas se ve favorecida por el aporte de nitrógeno acentuando más el desbalance de la mezcla.

Los valores de forraje disponible son coincidentes con los de Agustoni et al. (2008), Fernández y Foglino (2009) los cuales reportan 1465 kg/ha de MS y 1700 kg/ha de MS respectivamente y muy similares a los obtenidos por Fariña y Saravia (2010) los cuales se encuentran entorno a los 1500 kg/ha de MS. La diferencia radica en que los valores mencionados anteriormente se lograron con una asignación de forraje menor que en este experimento, donde las mismas fueron del orden del 6 % y en este caso fue de 10 %. Esta misma producción del disponible con una menor carga se puede atribuir a la intensa seca sufrida en el verano mencionada anteriormente.

Almada et al. (2007) obtuvieron valores de forraje disponible muy superiores a estos los cuales fueron de 4142 kg/ha de MS para asignaciones de 9 %. Este elevado valor se atribuye a que este experimento presentó mejores condiciones ambientales y una mayor densidad de plantas, comparado con cualquiera de los experimentos mencionados anteriormente.

4.4 ALTURA DEL FORRAJE DISPONIBLE

Cuadro No. 2: Altura del disponible según tratamiento

Tratamiento	MS Promedio (cm)
0	12
23	14
46	11
69	12

No existieron diferencias significativas en la altura del disponible para los diferentes tratamientos. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Fernández y Foglino (2009), Fariña y Saravia (2010). Según recomendaciones realizadas por INTA para la zona de Bordenave, la altura promedio con la cual se ingreso a pastorear esta por debajo de la recomendada (20 cm para una pastura de agropiro), ya que esta fue 12,3 cm promedio para los cuatro tratamientos. Sin embargo, es de destacar que al momento de ingreso la mayoría de las macollas disponía de tres hojas completamente desarrolladas, variable que marcó su óptimo manejo.

Los resultados concuerdan con Almada et al. (2007), donde menciona que la altura del disponible tiene una alta y positiva correlación con la cantidad de materia seca disponible. En este caso al no variar la altura del disponible, tampoco varió los kg de MS del disponible.

4.5 FORRAJE REMANENTE

Cuadro No. 3: Remanente (kg/ha de MS) promedio

Tratamiento	kg MS Promedio
0	635
23	765
46	645
69	631

Los resultados de esta variable no presentaron diferencias significativas. El valor de remanente promedio a la salida de cada pastoreo de los cuatro tratamientos fue de 669 kg/ha de MS, valor similar al obtenido en el experimento de Fernández y Foglino (2009), donde este fue de 607 kg/ha de MS.

Estos valores son inferiores a los obtenidos por Almada et al. (2007) trabajando con una asignación de 9 %, donde obtuvo 2806 kg/ha de MS valor

muy superior al promedio de este experimento para una asignación de 10 %. También estos datos son inferiores a experimentos realizados por Agustoni et al. (2008), Fariña y Saravia (2010).

4.6 ALTURA DEL FORRAJE REMANENTE

Cuadro No. 4: Altura del remanente según tratamiento

Tratamiento	MS Promedio (cm)
0	6
23	8
46	6
69	6

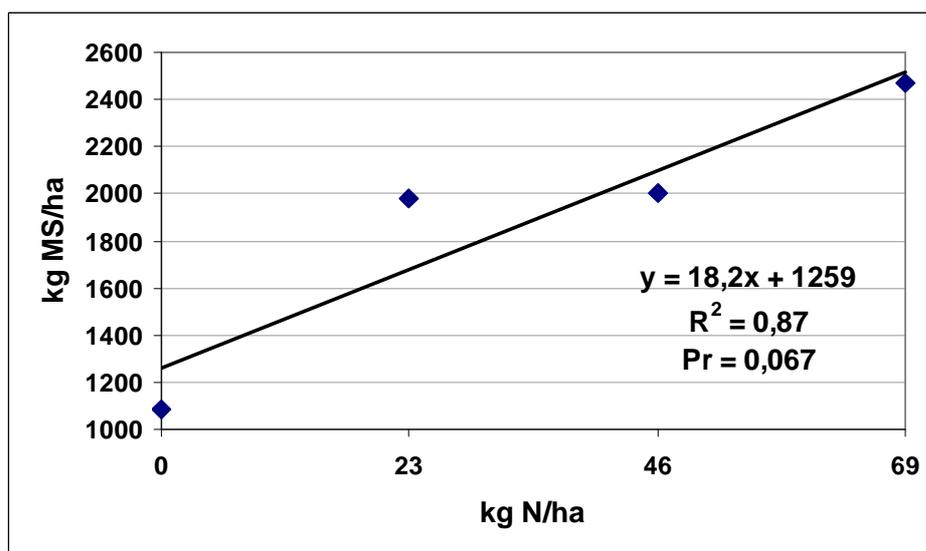
La variable altura del forraje remanente tampoco presentó diferencias significativas entre tratamientos. Esto es coherente con el planteo realizado al comenzar el experimento ya que se buscó que no existan diferencias en esta variable. El valor promedio de esta variable para los cuatro tratamientos fue de 6,3 cm. Este valor concuerda con la recomendación realizada por Zanoniani et al. (2006), que recomiendan 7,5 cm para mezclas y con Carámbula (2007c), el cual recomienda un manejo para las especies erectas entre 5 y 7,5 cm.

Con la altura del remanente se pudo estar subpastoreando las especies del tipo postrado ya que las mismas resisten un pastoreo mas intenso (2,5 cm), pero se puede considerar que el manejo para la mezcla fue adecuado, ya que en la misma predomina el componente gramínea y dentro de este el agropiro. Por lo tanto se puede concluir que no se puso en riesgo la vida útil de la pastura mediante el manejo de remanente.

El valor promedio de esta variable es superior al los resultados obtenidos por Fernández y Foglino (2009). Si bien el valor es mayor en centímetros los resultados son similares para kg de MS remanente, esto puede estar explicado porque la pradera en el primer año presentaba mayor densidad de plantas y luego al ser afectada por la seca esa densidad disminuyó.

4.7 PRODUCCION DE FORRAJE

Figura No. 6: Producción de MS/ha según tratamiento



Dentro de las variables en estudio esta es una de las más importantes ya que uno de los objetivos primarios cuando se realiza el manejo de la pastura es maximizar la producción de forraje.

Rebuffo (1994) expresa que la posibilidad de incrementar el rendimiento de la pastura de segundo año dependerá de la presencia de gramíneas y que para las mezclas de segundo año no sería adecuada la fertilización con nitrógeno ya que por lo general estas mezclas están dominadas por el componente leguminosa. Ayala y Carámbula (1994) hacen referencia que la respuesta a la fertilización dependerá de la dosis y el momento de aplicación, y estará determinada por la tasa potencial de crecimiento de la pastura, condicionada por su estado y su composición botánica. Para este caso se puede considerar que sí sería conveniente la aplicación de nitrógeno ya que es esperable una respuesta al agregado de este nutriente por ser el componente gramínea el que domina el tapiz.

Como era esperable se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos. Los resultados obtenidos concuerdan con Fernandez et al. (1996), Alonso et al. (2000), Zanoniani (2009), quienes encontraron que la fertilización nitrogenada promueve la producción de materia seca.

En la Figura No. 5 se puede observar que la pastura responde al agregado de nitrógeno en forma lineal. Esta respuesta se la asocia en mayor medida a la presencia del agropiro como especie dominante en la mezcla, y por lo tanto a la respuesta de este al agregado de nitrógeno, concordando así con lo dicho por Bavera (s.f.). Además se visualiza que los valores de nitrógeno utilizados no llegaron al máximo de producción de la especie ya que no existe inflexión de la curva de respuesta

El valor promedio de respuesta por kg de nitrógeno agregado fue de 18,2 kg de MS. La mayor acumulación o producción de materia seca la presentó el tratamiento con 69 kg/ha de nitrógeno, el cual tuvo un promedio de forraje acumulado de 2473 kg/ha de MS, mientras que el que presentó la menor acumulación fue el tratamiento testigo, presentando una acumulación o producción de 1088 kg/ha de MS. Estos valores son inferiores a los reportados por Agustoni et al. (2008), por Fernández y Foglino (2009), quienes obtuvieron valores de 3000 kg/ha de MS en el primer año de esta misma pastura y Fariña y Saravia (2010) quienes alcanzaron valores de 5000 kg/ha de MS para una pradera segundo año y primer año respectivamente, en todos los casos sin fertilización nitrogenada en el mismo periodo que el estudiado.

Comparando los tratamientos con el testigo, se puede ver que el agregado de 23, 46 y 69 kg/ha de nitrógeno prácticamente duplicaron la producción de materia seca, registrándose una producción de 82, 84, y 127 % respectivamente superior al testigo. Agnusdei et al. (2001) realizando experimentos con fertilizaciones de 100 a 150 kg/ha de N obtuvieron resultados similares ya que los tratamientos fertilizados triplicaron a los no fertilizados. Agnusdei et al. (2006) atribuyeron este aumento de producción entre tratamientos a la fertilización nitrogenada, donde la transformación de la energía solar interceptada del tratamiento testigo fue superada en un 60 y 100 % por los tratamientos 50 y 100 kg/ha de N, respectivamente.

Si a la acumulación promedio de materia seca por agregado de nitrógeno la separamos en las estaciones de invierno y primavera, se encuentra una tasa de acumulación de materia seca por unidad de nitrógeno diferencial entre las mismas, de 9,4 kg de MS/kg de N para el invierno (Cuadro No. 5) y de 14,1 kg de MS/kg de N para la primavera (Figura No. 7).

Cuadro No. 5: Producción de forraje como MS/ha en la estación invernal

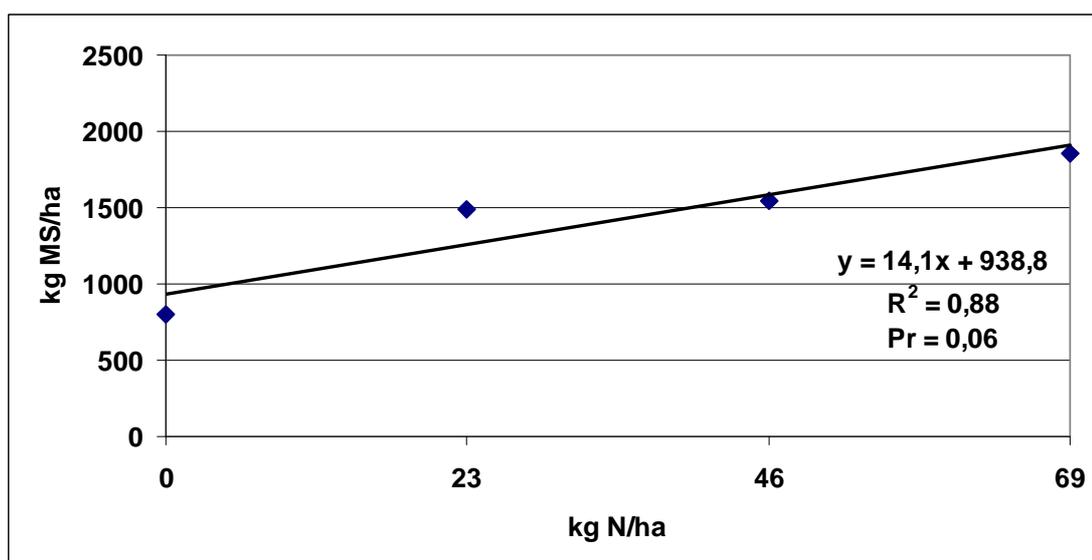
Tratamiento	kg MS promedio
0	300a
23	516b

La respuesta obtenida en invierno no concuerda con Mazzanti et al. (1992) el cual hace referencia a la escasa o nula producción del agropiro durante este periodo, dado su ciclo de producción estival. Esta menor acumulación de materia seca en invierno se debe a que la pastura presenta las menores tasas de crecimiento debido a las bajas temperaturas y menor luminosidad según Mazzanti y Arosteguy (1985), Mazzanti et al. (1992), Agnusdei et al. (1994), Rebuffo (1994), Marino (1996).

Este valor de respuesta concuerda con lo dicho por Rebuffo (1994) quien espera que para un tapiz compuesto en su mayoría por gramíneas se obtenga una respuesta mínima de 10 kg por unidad de nitrógeno en dicho periodo, sin especificar que se trate de especies invernales o estivales.

Teniendo en consideración lo definido por Zanoniani y Noëll (1997), el agropiro presentó una respuesta media por kg de N. Este comportamiento lo asemejaría más a una especie invernal que a una estival.

Figura No. 7: Producción de forraje como MS/ha en la estación primaveral



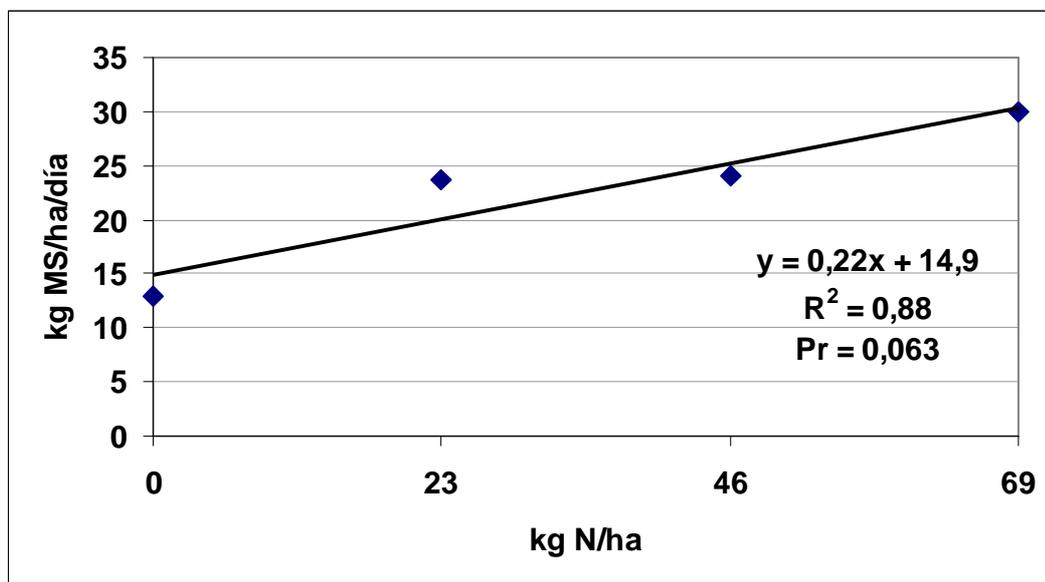
Rebuffo (1994) dice que respuestas del orden 30-33 kg de MS/kg de N se pueden lograr si las condiciones climáticas en la primavera son óptimas para el crecimiento cuando la pastura tiene buena densidad de gramínea de alta producción. Por lo tanto se puede concluir que si bien la mezcla estaba dominada por el componente gramínea este no presentaba una densidad adecuada para lograr una mayor respuesta a la obtenida, ya que las condiciones climáticas durante el experimento como ya se mencionó no fueron limitantes en dicha estación. Otra explicación por la cual no se obtuvo una mayor respuesta, puede haber sido los excesos de lluvias registrados a fines del mes de octubre y en el mes de noviembre, que pueden haber provocado la lixiviación del nitrógeno y a su vez una menor cantidad de N en suelo.

Los resultados obtenidos en la producción de materia seca permiten reafirmar lo dicho por Pallares y Pizzio, citados por Boggiano (2000), que hacen referencia en que el aumento de la producción de materia seca por hectárea con el agregado de nitrógeno permite un aumento de producción por área, permitiendo un aumento de la capacidad de carga del campo.

4.8 TASA DE CRECIMIENTO

La variable tasa de crecimiento presentó diferencias significativas para los diferentes tratamientos, concordando con Fernández et al. (1996), Alonso et al. (2000), pero no concordando esto con lo encontrado por Azanza et al. (2004) el cual no encontró diferencias significativas para los diferentes niveles de fertilización para campo natural. Por otro lado, Mazzanti et al. (1994) observaron que altas aplicaciones de nitrógeno incrementaron el crecimiento de pasturas sembradas en un 39 % estimado en kg/ha de MS, como consecuencia de incrementarse en un 13 % la tasa de crecimiento por macollo y un 21 % la densidad de macollos.

Figura No. 8: Tasa de crecimiento promedio según tratamiento



Analizando los resultados se puede observar que el tratamiento que no tuvo agregado de nitrógeno presentó una tasa de crecimiento promedio de 13 kg/ha/día de MS, mientras que los tratamientos de 23 y 46 kg de N presentaron un promedio de 24 kg/ha/día de MS y el tratamiento con 69 kg de N fue el que presentó la mayor tasa de crecimiento con un promedio de 30 kg/ha/día de MS.

El aumento de la tasa de crecimiento con el agregado de nitrógeno concuerda con lo observado por Fernández et al. (1996) quienes reportan valores de 58 kg/ha/día de MS para 0 kg/ha de N y 96,6 kg/ha/día de MS para 100 kg/ha de N y con Alonso et al. (2000) quienes reportan 40,4 kg/ha/día de MS para 0 kg/ha de N y de 71,3 kg/ha/día de MS para 100 kg/ha N. Se observa que las tasas de crecimiento anteriormente citadas son superiores a las del presente experimento debiendo tener en cuenta que se realizaron en otra zona con diferentes condiciones climáticas y además que la cobertura de la pastura no era la ideal dado que la mayoría del resto de las especies sembradas habían desaparecido

Cuadro No. 6: Respuesta relativa en la tasa de crecimiento al agregado de nitrógeno

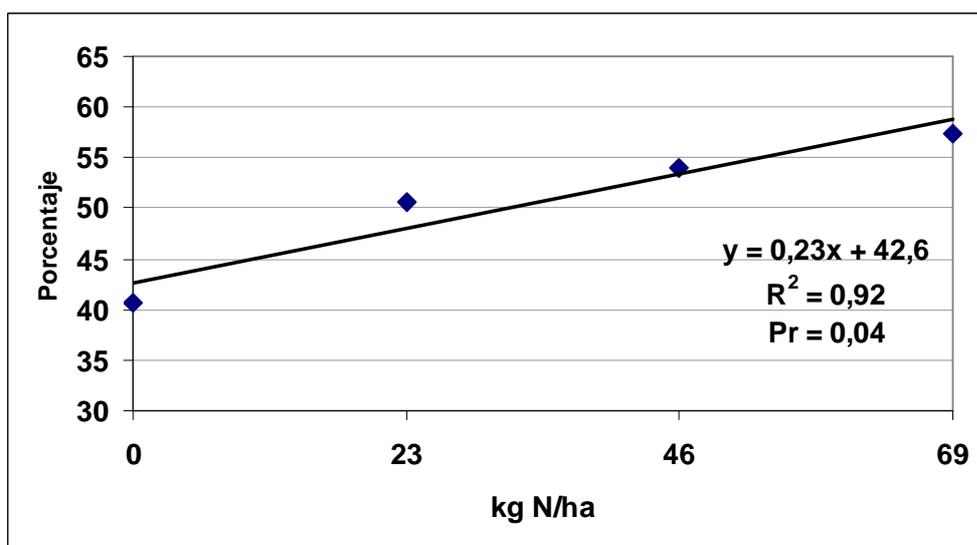
Tratamiento	%
0	100
23	184
46	187
69	232

Analizando el cuadro anterior se puede ver que la mayor diferencia registrada se da con la aplicación de 69 kg/ha de N con respecto al testigo, y ésta tiene un incremento en la tasa de crecimiento de 132 %. Se observa además directamente que el incremento superior se da cuando se pasa de 0 kg/ha de N a fertilizar con por lo menos 23 kg/ha de N.

El aumento en la tasa de crecimiento podría estar explicado por lo efectos de la fertilización nitrogenada sobre las variables morfológicas de la pastura. Las variables que se modifican son, la tasa de aparición de macollos, por lo tanto hay mayor número de macollos por planta Whitehead (1995) y el efecto indirecto en el incremento de la tasa de aparición de hojas Lattanzi et al., citados por Mazzanti et al. (1997). Otras variables que se afectan son el tamaño final de hojas, largo del pseudotallo y tallo (Marino, Mazzanti et al., citados por Mazzanti et al., 1997).

4.9 PORCENTAJE DE UTILIZACION DE FORRAJE

Figura No. 9: Porcentaje de utilización promedio según tratamiento

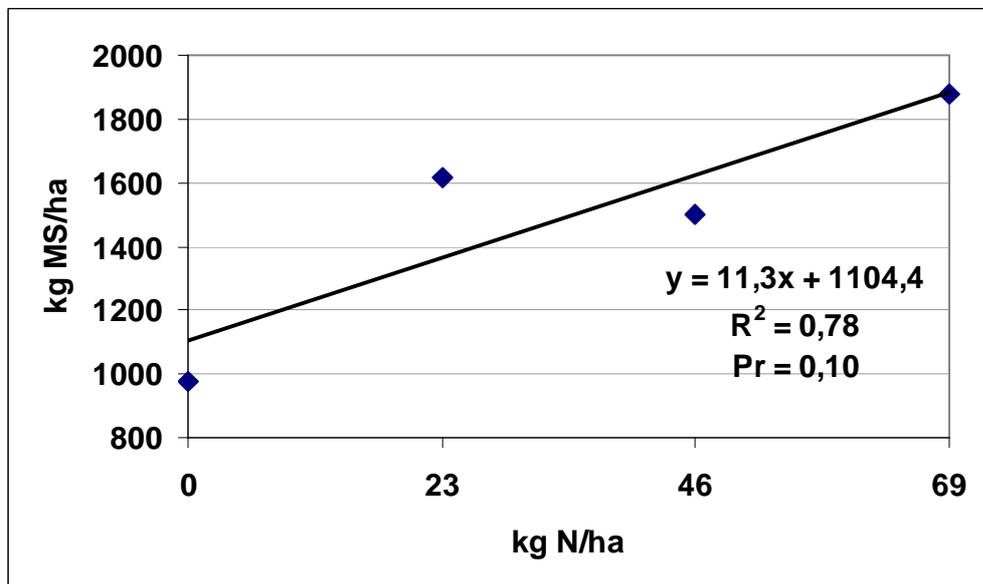


El menor porcentaje de utilización se registró en el tratamiento testigo, el cual presenta un promedio de 41 %. A medida que se aumenta el agregado de nitrógeno aumenta la utilización, para el tratamiento 23 N el promedio fue de 51 %, mientras que para el de 46 N y 69 N la utilización promedio es de 54 % y 57 % respectivamente. Existió un incremento de 0,23 % en la utilización de forraje por cada kg de N agregado, siendo este aumento concordante con lo expresado por Boggiano (2000), el cual comprobó que a mayor nivel de fertilización nitrogenada la utilización de la pastura fue mayor, y con lo reportado por Azanza et al. (2004) que encontró diferencias a favor del tratamiento fertilizado de 113 % mayor al tratamiento no fertilizado para campo natural.

El porcentaje de utilización promedio del experimento fue de 51 %, igual que los obtenidos por Almada et al. (2007), Agustoni et al. (2008) quienes obtuvieron un porcentaje de utilización del 50 % para una asignación de 7 %. En el presente experimento con menores cargas que las anteriores citadas se obtuvieron mayores porcentajes de utilización debido al agregado de nitrógeno.

4.10 CANTIDAD DE FORRAJE DESAPARECIDO

Figura No. 10: Cantidad de MS desaparecida según tratamiento



Los resultados obtenidos presentaron diferencias significativas entre tratamientos, siguiendo la misma tendencia que el porcentaje de forraje utilizado, concordando con lo encontrado por Boggiano (2000).

Estas diferencias significativas entre tratamientos eran esperables, ya que como se mencionó anteriormente hubo diferencias en la producción de materia seca y en la utilización de ésta con el agregado de nitrógeno por lo tanto a mayor agregado de nitrógeno desapareció mayor cantidad de materia seca.

El cálculo del forraje desaparecido/animal/día promedio según tratamiento se observa en el siguiente cuadro. En el mismo se visualiza una diferente eficiencia según la dosis de nitrógeno utilizada.

Cuadro No. 7: Eficiencia de conversión del forraje desaparecido

Tratamiento	kg/animal/día de MS
0	6
23	10
46	9
69	11

Los resultados se discutirán cuando se analice la variable ganancia individual ya que los valores obtenidos explican en gran medida los resultados de la variable antes mencionada.

4.11 ALTURA DE UTILIZACION

Cuadro No. 8: Altura de utilización según tratamiento

Tratamiento	MS Promedio (cm)
0	6
23	7
46	5
69	6

La altura de utilización promedio fue de 6 cm no presentando diferencias significativas entre tratamientos, al igual que las variables altura del disponible y remanente, en cambio la utilización de la pastura si fue significativa, por lo tanto se puede concluir que la utilización no se relacionó con la altura de la pastura.

4.12 PRODUCCIÓN INDIVIDUAL DE PESO VIVO

En el cuadro siguiente se puede apreciar las ganancias promedios del período experimental según los tratamientos.

Cuadro No. 9: Ganancias individuales según tratamientos

Tratamiento	Ganancias Promedio (kg)
0	0,87
23	0,86
46	0,81
69	0,92

Las ganancias de peso no presentaron diferencias significativas según tratamiento. La ganancia promedio fue de 0,87 kg por animal/día. Este resultado concuerda con los encontrados por Azanza et al. (2004) donde tampoco encontró diferencias significativas para los diferentes tratamientos de agregado de N.

La oferta de forraje recomendada por Agustoni et al. (2008) para una pradera de segundo año estaría comprendida entre 5,6 % y 6,8 %, valores inferiores a los del presente experimento, ya que esta fue de 10 kg de MS cada 100 kg de peso vivo promedio variando entre 9 % de oferta para los tratamientos con menor nivel de fertilización y 12 % de oferta para los tratamientos de mayor nivel de fertilización lo que pudo determinar un menor número de animales en estos últimos tratamientos y por lo tanto menor producción de carne. Esto se debió a que cuando se realizó el ajuste de carga por el periodo de crecimiento anterior, las parcelas de los tratamientos con mayor fertilización coincidieron con una superficie importante de solonetz solodizados melánicos lo que determinó que se haya tenido que sacar animales.

Si comparamos las ganancias diarias obtenidas en este experimento con las obtenidas por otros autores, vemos que Almada et al. (2007), obtuvo ganancias de 1,7 kg/día con 9,5 % de oferta de forraje, en todos los casos trabajando con novillos holando. Agustoni et al. (2008) a 6 % de oferta de forraje reportaron ganancias de 1,8 kg/día, Fernández y Foglino (2009) obtuvieron ganancias promedio de 2 kg con una oferta promedio de 5,6 %.

Observando los resultados de este experimento se pueden ver que las ganancias obtenidas fueron menores que las anteriormente citadas. Se esperaba que fueran similares a las obtenidas por estos autores ya que se trabajó con mayor asignación de forraje y con una categoría animal más eficiente. La menor ganancia puede ser atribuida por la calidad de la mezcla la cual es dominada por agropiro, gramínea de bajo valor nutritivo.

Si bien el agropiro es considerado como de bajo valor nutritivo por algunos autores como Bavera (s.f.), Agnusdei et al. (2006), es importante señalar que las ganancias obtenidas no son bajas, por lo tanto la calidad del

agropiro no puede ser considerada mala, ya que sino, no se hubieran obtenido ganancias del orden de 800 – 900 gramos/animal/día de peso vivo.

Los valores obtenidos en el experimento son similares a los de Agnusdei et al. (2006) quienes hacen referencia que para forrajes de baja calidad como lo es considerado el agropiro se debe realizar un manejo del pastoreo dirigido a mantener una pastura densa y con alta proporción de tejido foliar joven manejando altas cargas animales para realizar un uso eficiente, logrando de esta forma que la calidad del forraje ofrecido sea comparable con la de especies de mayor calidad y obtener ganancias diarias de peso vivo a lo largo del año semejantes a las obtenidas en ensayos de suplementación energética (en el rango de los 700-1000 g/día).

Como se vio anteriormente se encontraron diferencias significativas en las variables de producción de materia seca y de materia seca desaparecida según tratamiento (ítem 4.7 y 4.10 respectivamente), pero estas diferencias no se vieron reflejadas en una mayor ganancia de los terneros que pastorearon en los tratamientos con mayor cantidad de materia seca y kg desaparecidos. Estos resultados se pueden explicar porque el término desaparecido no hace referencia solamente a lo que consumieron los animales, sino que dentro de los valores de forraje desaparecido se encuentra el forraje que realmente se consumió y aquel que es desperdiciado por una ineficiencia en el pastoreo o por pérdidas, por tanto no se ve reflejado en producción de carne. Lo anteriormente mencionado se puede observar si se analizan los resultados obtenidos en el ítem 4.10 (cuadro No. 6), los cuales hacen referencia a la cantidad de materia seca desaparecida por animal/día.

Analizando esos resultados se puede ver que el tratamiento testigo presentó 6 kg/animal/día de MS desaparecida. En cambio el tratamiento 69 N presentó una cantidad desaparecida de 11 kg/animal/día de MS, presentando la misma ganancia diaria en términos estadísticos, ya que no hubieron diferencias significativas entre tratamientos. Analizando esto se evidencia una ineficiencia en el proceso de consumo, la cual genera un desperdicio de aproximadamente 4 kg/animal/día de Ms. Este mayor desperdicio en los tratamientos con mayor cantidad de nitrógeno se debe en gran parte a un menor consumo por los animales explicado por una menor calidad de forraje. Esta menor calidad puede estar dada por una mayor cantidad de tejido estructural, ya que al tratarse de una pastura poco densa las plantas crecen más en altura y tienen mayor proporción de tejido lignificado a pesar de que la altura promedio sea similar ya que el coeficiente de variación es mayor en estos tratamientos. Otro factor que puede estar afectando la calidad es el contenido proteico, el cual cae a medida que aumenta la acumulación de biomasa (Agnusdei et al., 2006)

Esta menor calidad de la pastura hace que aumente el forraje desperdiciado ya que el animal disminuye su consumo, concordando esto con Ganzábal (1997), el cual dice que cuando se dispone de un forraje de baja calidad, o sea con baja digestibilidad ó porcentaje de proteína, aumenta el tiempo de retención en el rumen y se enlentece la tasa de pasaje por la pobre actividad ruminal. El rumen se mantiene distendido y el animal deja de consumir.

El manejo de una menor oferta de forraje (6%) tal vez hubiera permitido encontrar diferencias entre tratamientos al permitir un mayor consumo de los tratamientos fertilizados, por lo tanto más calidad del forraje cosechado.

De esta forma se logra que no haya diferencias significativas entre tratamientos, concordando esto con Allegri (1982) el cual hace referencia a que la producción animal y por hectárea está determinada fundamentalmente por las variaciones en disponibilidad, calidad y valor nutritivo de las pasturas.

4.13 PRODUCCION DE PESO VIVO POR HECTAREA

Cuadro No. 10: Producción de peso vivo por hectárea según tratamiento

Tratamiento	Kg/ha
0	363
23	356
46	338
69	382

Al inicio del experimento los animales tenían un peso promedio de 200 ± 24 kg no difiriendo entre tratamientos, al final del experimento el peso promedio fue de 296 ± 44 kg, presentando un coeficiente de variación de 12 y 15% respectivamente.

La producción de peso vivo por hectárea no presentó diferencias significativas entre tratamiento, presentando un valor promedio de 360 kg/ha de peso vivo.

Si comparamos los datos del cuadro anterior con los obtenidos por Agustoni et al. (2008), Fernández y Foglino (2009) vemos que la producción de carne por hectárea en este experimento es menor, dado que estos autores con asignaciones de forraje en el entorno de 6 % del peso vivo, obtuvieron producciones de 550 kg/ha de peso vivo y 400 kg/ha de peso vivo respectivamente. Esta mayor producción por hectárea es esperable ya que en

ambos experimentos las ganancias diarias fueron superiores a las obtenidas en este.

El siguiente cuadro compara las eficiencias de producción de carne por kg de forraje producido de diferentes autores.

Cuadro No. 11: Eficiencia de producción de carne por kg de forraje producido

	Experimento	Fernandez y Foglino (2009)	Fariña y Saravia (2010)
Produccion de carne/ha	360	400	567
Produccion de forraje/ha	1886	3000	5274
Ef. Produccion	5,2	7,5	9,3

Analizando el cuadro anterior se observa que este experimento es el que presenta la menor producción de carne y forraje por hectárea, pero es el que posee la mayor eficiencia de producción, ya que es el que produce cada kg de carne con el menor requerimiento de forraje, reportándose 5,2 kg de forraje para producir 1 kg de carne. Esta superioridad puede deberse a que en el presente experimento se trabaja con terneros, categoría mas eficiente que la utilizada por Fernández y Foglino (2009), Fariña y Saravia (2010), autores que trabajaron con novillos de más de 450 kg de peso vivo.

Estos resultados permiten afirmar que la categoría animal también es importante a la hora de lograr una mejor utilización del forraje producido en un sistema y así lograr mayores ganancias por hectárea, ya que si en el experimento realizado se hubiera trabajado con una categoría menos eficiente como lo es el novillo, no se hubiera logrado la misma producción por hectárea, concordando esto con lo expresado por Conway, citado por De Barbieri et al. (2000).

Además como fue expresado en el ítem anterior, el manejo de ofertas menores en los tratamientos probablemente hubiese permitido encontrar diferencias entre los tratamientos evaluados.

5. CONCLUSIONES

El agregado de nitrógeno incrementó la producción de MS, con una producción promedio de 18,2 kg de MS por kg de N.

La tasa de crecimiento tuvo una respuesta positiva de 0,22 kg/día de MS por kg de N.

La pastura presentó un desbalance en la relación gramínea/leguminosa, siendo el componente gramínea el que dominó la mezcla, ocupando un 90% de la misma. La cantidad de suelo desnudo disminuyó con el agregado de nitrógeno, esta disminución no fue explicada por un aumento de las gramíneas y leguminosas, sino que es debido a un aumento del enmalezamiento el cual se vio favorecido con el agregado de nitrógeno.

A medida que se aumentó el agregado de nitrógeno, aumentó el porcentaje de utilización y por ende la cantidad de materia seca desaparecida.

En cuanto a la producción de forraje, es de destacar que la respuesta observada de 9,4 kg de MS por kg de N agregado en el periodo invernal se asemeja a respuestas medias obtenidas en verdeos de invierno, lo cual no es un comportamiento esperable en una especie que se la clasifica como estival en su ciclo de producción.

Si bien la carga de la pastura no fue una variable estudiada en este experimento, se puede suponer que aquellos sistemas que presenten mayores niveles de fertilización nitrogenada podrían soportar mayores cargas debido a un aumento en la producción de forraje, pudiendo aumentar de esta forma la producción de carne por hectárea del sistema.

El manejo de una menor oferta de forraje posiblemente hubiese permitido encontrar diferencias en las ganancias de peso entre tratamientos, al permitir un mayor consumo de los tratamientos fertilizados y por lo tanto más calidad del forraje cosechado.

En establecimientos donde la producción de forraje se ve limitada, por diferentes condiciones, para poder lograr una mayor eficiencia en la conversión del forraje a kg de peso vivo, es importante considerar la categoría de animales a utilizar. Esto se debe a que categorías de animales más jóvenes presentan mayor eficiencia en dicha característica que animales adultos.

6. RESUMEN

Con el objetivo de evaluar diferentes niveles de fertilización nitrogenada invierno-primaveral sobre la productividad, composición botánica y producción de carne de una mezcla forrajera de segundo año compuesta por *Lolium perenne*, *Trifolium repens*, *Lotus corniculatus* y *Agropyron elongatum*, se realizó un experimento en el potrero No. 34 de la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía en el departamento de Paysandú (Latitud sur: 32°23'27.71" y longitud oeste: 58°03'41,76") durante el periodo comprendido entre el 3 de agosto del 2009 y 30 de noviembre del 2009. El diseño experimental fue de tres bloques de 1.96, 1.52 y 1.07 hectáreas. Cada uno de estos se encuentra subdividido en cuatro parcelas de igual tamaño, totalizando doce parcelas. Se determinaron cuatro tratamientos por bloque. Los tratamientos consistieron en cuatro niveles de fertilización; 0 (testigo), 50, 100 y 150 kg de Urea (46-0-0) siendo estos aplicados en tres momentos a razón de 50 kg/ha por aplicación luego de la salida de los animales. El primero en el mes de agosto, el segundo en setiembre y el tercero en el mes de octubre, posterior a la salida de los animales de cada parcela. Los tratamientos se pastorearon con veinte terneros de la raza holando de 12 a 14 meses de edad que ingresaron al experimento con un peso inicial promedio de 160 kg aproximadamente, siendo estos asignados a los tratamientos al azar, de tal forma que el peso vivo promedio de los tratamientos sea similar. Los mismos ocuparan un bloque a la vez, pastoreando de a cuatro terneros por tratamiento. En total se realizaron tres pastoreos, siendo la fecha de ingreso al primer pastoreo el día 04/08/09 y finalizando en tercer pastoreo el día 19/11/09. Cada pastoreo tuvo una duración por bloque de diez días aproximadamente, teniendo como criterio de para retirar los animales y pasarlos al siguiente bloque una altura de remanente de 5 cm. El mismo comenzó en el bloque 1, pasando al 2 y terminando en el 3, totalizando así unos 30 días para finalizar el primer pastoreo. Los resultados obtenidos indican que de todas las variables estudiadas y discutidas en este trabajo, las que no presentaron diferencias significativas a los distintos niveles de nitrógeno fueron las siguientes: forraje disponible (kg MS/ha), altura del forraje disponible (cm), forraje remanente (kg MS/ha), altura del forraje remanente (cm), altura de utilización (cm), ganancias individuales (kg/animal/día) y producción de carne por hectárea (kg/ha). Por el contrario, las variables que si presentaron respuesta a los diferentes tratamientos fueron: composición botánica (%), producción (kg MS/ha), tasa de crecimiento (kg MS/día), utilización (%) y cantidad de materia seca desaparecida (kg MS/ha).

Palabras clave: Fertilización nitrogenada; Producción de forraje; Composición botánica; Producción animal.

7. SUMMARY

Aiming to evaluate the different levels of winter-spring nitrogen fertilization over productivity, botanic composition and meat production of a second-year pasture, composed by *Lolium perenne*, *Trifolium repens*, *Lotus corniculatus* and *Agropyron elongatum*, an experiment was carried in Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni of the Facultad de Agronomía (South latitude: 32°23'27.71" and west length: 58°03'41,76") during the period between 3rd August and 30th November of the year 2009. The experimental design consisted of three blocks of divided into four parcels of equal size, summing 12 parcels in all. Four treatments were determined per block. The treatments consisted of four levels of fertilization; 0, 23, 46, 69 kg N/ha, being these applied in three different moments at a rate of 23 kg N/ha per application. The treatments were grazed with twenty steer holando aged from 12 to 14 months, which initiated the experiment weighting approximately 160 kg on average, being these randomly assigned to the different treatments, in such a way that the average living weight of the treatments is similar. The obtained results indicate that, of each studied and discussed variables, the ones that did not show significant differences concerning nitrogen levels were: available forage (kg MS/ha), height of the available forage (cm), remnant forage (kg MS/ha), height of the remnant forage (cm), utilization height (cm), individual profits (kg/animal/day) and meat production per hectare (kg/ha). On the contrary, the variables that did present responses to the different treatments were: botanic composition (%), production (kg MS/ha), growth rate (kg MS/day), utilization (%) and amount of disappeared dried matte (kg MS/ha).

Key words: Nitrogen fertilization; Forage production; Botanic composition; Animal production.

8. BIBLIOGRAFIA

1. AGNUSDEI, M. G.; COLABELLI, M. R.; MAZZANTI, A. 1994. Crecimiento y morfogénesis de especies nativas y naturalizadas de la Pampa deprimida bonaerense. Revista Argentina de Producción Animal. 14 (supl. 1): 61-62.
2. _____.; COLABELLI, M. R.; FERNANDEZ GRECCO, R. C. 2001. Crecimiento estacional de forraje de pasturas y pastizales naturales para el sudeste bonaerense. INTA Balcarce. Boletín técnico no. 152. 28 p.
3. _____.; ASSUERO, S.; CANGIANO, C.; CASTAÑO, J.; COLABELLI, M.; ERQUIAGA, O.; FERNANDEZ GRECCO, R.; FORTE, J.; MARINO, A.; MENDEZ, J.; PEREZ, M. 2006. Redefiniendo el rol de las pasturas en los sistemas ganaderos modernos. (en línea). In: Jornada de Actualización Técnica en Producción Animal (2006, Mar del Plata, Argentina). Memorias. Balcarce, Buenos Aires INTA. 15 p. Consultado 15 mar. 2010. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/balcarce/present/ReunionCRjulio07/AGNUSDEIPASTURAS.pdf>
4. AGUSTONI, F.; BUSSI, C.; SHIMABUKURO, M. 2008. Efecto de la asignación de forraje sobre la productividad de una pastura de segundo año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 99 p.
5. ALBANO, E.; ALVAREZ, G.; NUÑEZ, R. 2010. Efecto de la frecuencia sobre la productividad estivo-otoñal de una pradera de primer año con agropiro. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 125 p.
6. ALMADA, S.; PALACIOS, M.; VILLALBA, S.; ZIPITRIA, G. 2007. Efectos de la asignación de forraje y la suplementación sobre la productividad de una pastura de raigras perenne, trébol blanco y Lotus corniculatus. Tesis. Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 100 p.
7. ALONSO S. I.; FERNANDEZ J. A.; BORRAJO C.I.; ECHEVERRIA H. E. 2000. Cambios en producción y calidad del forraje otoño-invernal por el agregado de nitrógeno en materiales genéticos de Agropiro. (en línea). Balcarce, Buenos Aires, INTA. 10 p.

Consultado 15 mar. 2010. Disponible en http://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_18n2/alonso_115-124.pdf

8. ALLEGRI, M. 1982. Algunas consideraciones sobre la investigación en utilización de pasturas. Miscelánea CIAAB. no. 39: 1 – 3.
9. ANSLOW, R.C. 1966. The rateo of appearance of leaves on tillers of the gramineae. *Herbage Abstracts* (Farnham Royal). 36 (supl. 3): 149 – 155.
10. AROCENA, C.; DIGHIERO, A. 1999. Evaluación de la producción y calidad de carne de cordero sobre una mezcla forrajera de avena y raigras, bajo los efectos de carga animal, suplementación y sistemas de pastoreo para la región de basalto. Tesis. Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 147 p.
11. AYALA, W.; CARAMBULA, M. 1994. Nitrógeno en campo natural. *In*: Morón, A.; Risso, D.F. eds. Nitrógeno en pasturas. Tacuarembo, INIA. pp. 43-48 (Serie Técnica no. 51).
12. AZANZA, A.; PANISSA, R.; RODRIGUEZ, 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. 84 p.
13. BAETHGEN, W. E. 1994. Comentarios generales sobre el seminario “Nitrógeno en pasturas”. *In*: Morón, A.; Risso, D. F. eds. Nitrógeno en pasturas. Tacuarembo, INIA. pp. 61-62 (Serie Técnica no. 51).
14. BAVERA, G. s. f. Producción bovina de carne. Agropiro alargado (*Thynopirum ponticum*). Manejo y utilización. (en línea). Córdoba, Argentina. 2 p. Consultado 18 mar. 2010. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/30-agropiro_alargado_manejo_y_utilizacion.htm
15. BEMHAJA, M. 1994. Fertilización nitrogenada en sistemas ganaderos. *In*: Morón, A.; Risso, D. F. eds. Nitrógeno en pasturas. Tacuarembo, INIA. pp. 49-56 (Serie Técnica no. 51).

16. BETIN, M. 1975. Le ray – grass anglais et ses variétés. Fourrages. 64: 167-172.
17. BLASER, R.; HAMMES, R.; BRYANT, H.; HARDISON, W.; FORTENOT, J.; ENGEL, R. 1960. The effect of selective grazing on animal output. In: International Grasslands Congress (8th., 1960, Berkshire, England). Proceedings. Oxford, Alden. pp. 601-605.
18. BOGGIANO, P. 2000. Dinámica de producción primaria da pastagem nativa em área de fertilidade corregida sobe feito de adubacao nitrogenada e oferta de forragem. Tese (Doutorado) Porto Alegre, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomía. 191 p.
19. BOTTARO, C.; ZABALA, F. 1973. Efecto de la fertilización mineral NPK en la producción de forraje de algunas pasturas naturales del Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 170 p.
20. BRADSHAW, A. D. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. Advances in Genetics. 13: 115 – 155.
21. CANGIANO, C.; ESCUDER, C.; GALLI, J.; GOMEZ, P.; ROSSO, O. 1996. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, INTA Balcarce. s. p.
22. CARAMBULA, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Uruguay. 464 p.
23. _____; SANTIÑAQUE, F. 1981. Productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras. Montevideo, CIAAB. pp. 16-21.
24. _____. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. Treinta y Tres, INIA. 46 p. (Serie Técnica no. 19).
25. _____. 1996a. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pp. 62 - 309.
26. _____; AYALA, W.; BERMUDEZ, R.; CARRIQUIRY, E. 1996b. Verdeos de invierno asociados. Treinta y Tres, INIA. 19 p. (Boletín de Divulgación no. 58).

27. _____. 2007a. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 357 p.
28. _____. 2007b. Pasturas y forrajes; insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 371 p.
29. _____. 2007c. Pasturas y forrajes; manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 413 p.
30. CARLEVARO, A.; CARRIZO, J. 2004. Comparación de la producción de mezclas forrajeras bajo manejos de defoliación basados en la cobertura del suelo y la altura del tapiz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 165 p.
31. CARLSON, G. E.; GIBSON, P. B.; BALTENSPERGER, D. D. 1985. White clover and other perennial clovers. In: Heath, M. E.; Barnes, R. F.; Metcalfe, D. S. eds. Forage; the science of grassland agriculture. 4th. ed. Ames, USA, Iowa State University Press. pp. 118-127.
32. CASTRO, A.; FERRAROTI, A. s. f. Agropiro. (en línea). Bordenave, Argentina, INTA. 3 p. Consultado 18 mar. 2010. Disponible en http://www.inta.gov.ar/bordenave/contactos/autores/bibi/agropiro_2.pdf
33. CUBILLOS, G. F.; MOTT, G. O. 1969. La influencia de la presión de pastoreo sobre la producción de carne de novillos en praderas de alfalfa y bromo. Agricultura Técnica. 29 (4): 178 – 185.
34. CULLEN, B. R.; CHAPMAN, D. F.; QUIGLEY, P. E. 2005. Persistence of *Phalaris aquatica* in grazed pastures. 1. Plant and tiller population characteristics. Australian Journal of Experimental Agriculture. 45: 41 – 48.
35. CHILIBROSTE, P. 1998. Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero en pastoreo; predicción del consumo. In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (26^a., 1998, Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, Centro Medico Veterinario de Paysandú. pp 1 – 7.

36. DE BARBIERI, L. I.; RADO, F. J.; XALAMBRI, L. 2000. Efecto de la carga y de la suplementación sobre la producción y calidad de carne de corderos pesados pastoreando *Avena bysantina* en la región este. Tesis. Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 122 p.
37. DIAZ, J. E. 1995. Estudios sobre la producción de forraje estacional y anual de leguminosas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 103 p.
38. DIAZ – ZORITA, M. 1997. La fertilización de cultivos y pasturas. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. 569 p.
39. ELEGERSMA, A.; NASSIRI, M.; SCHLEPERS, H. 1998a. Competition in perennial ryegrass-white clover mixture under cutting. 1. Dry-matter yield, species composition and nitrogen fixation. *Grass and Forage Science*. 53 (supl. 4): 353-366.
40. _____.; NASSIRI, M. 1998b. Competition in perennial ryegrass-white clover mixture under cutting. 2. Leaf characteristics, light interception and dry-matter production during regrowth. *Grass and Forage Science*. 53 (supl. 4): 367-379.
41. FARIÑA, M.; SARAVIA, R. 2010. Evaluación de la productividad de mezclas forrajeras bajo pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 110 p.
42. FERNANDEZ, J.; FOGLINO, F. 2009 Efecto del periodo de ocupación de pastoreo en la productividad de una pastura de primer año de raigras perenne, trébol blanco, *Lotus corniculatus* y agropiro. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 68 p.
43. FERNANDEZ, M.; NAVA, M. P. 2008. Efecto de la asignación de forraje y suplementación sobre la estructura y composición botánica de una pastura mezcla. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 99 p.
44. FERNÁNDEZ GRECCO R. C.; SCIOTI A.; MAZZANTI A. 1996. Fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la acumulación de forraje de *Thinopyrum ponticum*. *Revista Argentina de Producción Animal*. 16 (Supl. 1): 223-224.

45. FORMOSO, F. 1993. *Lotus corniculatus* I. Performance forrajera y características agronómicas asociadas. Lotus Corniculatus. La Estanzuela, INIA. 20 p. (Serie Técnica no. 37)
46. _____; 1996. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. In: Berretta, E.; Moron, A.; Risso, D. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 1-20 (Serie Técnica no. 80).
47. FRANCO, R.; GUTIERREZ, D. 2009. Efecto de la carga, suplementación y sexo sobre la calidad de canal y carne de corderos corriedale sobre una pasturas de *Lotus corniculatus* cv. INIA Draco. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 151 p.
48. FULKERSON, W. J.; SNACK, K. 1995. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*; 2. Effect of defoliation frequency and height. Grass and Forage Science. 50. 16 -20.
49. GANZABAL, A. 1997. Alimentación de ovinos con pasturas sembradas. La Estanzuela, INIA. 43 p. (Serie Técnica no. 84).
50. GARCIA, J. 1995. Estructura del tapiz de praderas. La Estanzuela, INIA. 10 p. (Serie Técnica no. 66).
51. GARCIA, M.; GONZALES, O.; QHEHEILLE, F. 2005. Efectos de la fertilización nitrogenada y la intensidad de pastoreo sobre los componentes de la producción de forraje de *Stipa setigera* Presl. en campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 143 p.
52. GERVAZ, M.; INDARTE, G. 1996. Efectos de la frecuencia del pastoreo sobre la calidad de la pastura. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 92 p.
53. HAYDOCK, K. P.; SHAW N. H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 15: 663-670.
54. HODGSON, J. 1990. Grazing management; science into practice. New York, Longman. 203 p.

55. INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA). 2006. Logran una nueva variedad agropiro alargado. (en línea). Balcarce, Buenos Aires. s.p. Consultado 20 mar. 2010. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/info/intainfo/ant/2006/418.htm>
56. LACA, E.; UNGAR, E.; SELIGMAN, N.; DEMMENT, M. 1992. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. *Grass and Forage Science*. 47 (1): 91-102.
57. LANGER, H. L. 1981. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 524 p.
58. LEMAIRE, G. 1997. The physiology of grass growth under grazing: tissue turnover. *In*: International Symposium on Animal Production under Grazing (1997, Viçosa). Resumos. Viçosa, UFV. pp. 117-144.
59. MARINO, M. A. 1996. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento invierno primaveral, la composición química y la calidad del forraje de *Avena sativa* y *Lolium multiflorum*. Tesis MSc. Balcarce, Buenos Aires, Argentina. UNMDP. Facultad de Ciencias Agrarias. 104 p.
60. MAZZANTI, A.; AROSTEGUY, J. C. 1985. Comparación del rendimiento estacional de forraje de cultivares de *Festuca arundinacea* Scrb. *Revista Argentina Producción Animal*. 5 (3-4): 157 – 165.
61. _____; CASTAÑO, J.; SEVILLA, G. H.; ORBEA, J. R. 1992. Características agronómicas de especies y cultivares de gramíneas y leguminosas forrajeras adaptadas al sudeste de la provincial de Buenos Aires. *In*: Manual de descripción. Buenos Aires, INTA/CERBAS. pp. 32-33.
62. _____; LEMAIRE, G.; GASTAL, F. 1994. The effect of nitrogen fertilization upon the herbage production of tall fescue swards continuously grazed by sheep. 1. Herbage growth dynamics. *Grass and Forage Science*. 49 (supl. 3): 11 – 12.
63. _____; MARINO, M. A.; LATTANZI, F.; ECHEVERRIA H. A.; ANDRADE F. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre

el crecimiento y la calidad del forraje de avena y raigras anual en el sudeste bonaerense. INTA Balcarce. Boletín técnico no. 143. 27 p.

64. MINSON, D. J. 1983. Forage quality: assesing the plant – animal complex. In: International Grassland Congress (14th, 1981, Lexington, Kentucky). Proceedings. Boulder, Colorado, Westview. pp. 23 – 29.
65. MONTOSSI, F.; FIGURINA, G.; SANTAMARINA, I.; BERETTA, E. J. 2000. Selectividad animal y valor nutritivo de la dieta de ovinos y vacunos en sistemas ganaderos; teoría y práctica. Montevideo, INIA. 84 p. (Serie Técnica no. 113).
66. MORON, A. 1996. El ciclo del nitrógeno en el sistema suelo-planta-animal. In: Berretta, E.; Moron, A.; Risso, D. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 21-32 (Serie Técnica no. 80).
67. MOTT, G. O. 1960 Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: International Grassland Congress (8th 1960, Berkshire, England). Proceedings. Oxford, Alden. pp. 606 – 611.
68. OLMOS, F. 2004. Trébol blanco. In: Factores que afectan la persistencia y productividad de pasturas mejoradas con trébol blanco (*Trifolium repens* L.). Tacuarembó, INIA. 248 p. (Serie Técnica no. 145).
69. PEIRANO, M.; RODRIGUEZ, A. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el periodo otoño – invernal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 104 p.
70. PEREIRA, M. 2007. ¿Qué Lotus sembrar? Revista Plan Agropecuario. 122: 36-38.
71. RAYMOND, W. F. 1964. The utilization of grass by ruminants. In: Joint Symposium with the Nutrition Society and the British Grassland Society the Efficient Use of Grass (1964, London). Proceedings. The Proceedings of the Nutrition Society. 23. 54 – 62.

72. REBUFFO, M. 1994. Fertilización nitrogenada en pasturas mezcla. *In*: Morón, A.; Risso, D. F. eds. Nitrógeno en pasturas. Tacuarembó, INIA. pp. 27 – 32 (Serie Técnica no. 51).
73. RISSO, D.; ZARZA, A. 1981. Producción y utilización de pasturas para engorde. *Miscelánea CIAAB*. no. 28: 7 – 27.
74. ROVIRA, J. 1996. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pp. 29 – 50.
75. SALDANHA, S.; BOGGIANO, P.; CADENAZZI, M.; ZANONIANI, R. 2008. Características estructurales de una pastura de *Lolium perenne* bajo diferentes intensidades de pastoreo. *In*: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur. BIOMA CAMPOS (22^a, 2008, Minas, Uruguay). Trabajos presentados. s.n.t. 1 disco compacto, 8mm.
76. _____. 2009. Efectos de la intensidad del pastoreo sobre la estructura de una pastura de *Lolium perenne* cv. Horizon. Tesis. Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 85 p.
77. TOLEDO, S. 2009. Guía para la presentación de trabajos finales. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. 26 p. Consultado 15 mar. 2010. Disponible en <http://biblioteca.fagro.edu.uy/files/Guia.pdf>
78. TOTHILL, J.; HARGREAVES J.; JONES, R. 1978. A comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. *Tropical Agronomy Technical Memorandum*. no. 8. 88 p.
79. VAZ MARTINS, D.; BIANCHI, J. 1982. Relación entre distintos parámetros de la pastura y el comportamiento animal en pastoreo. *Miscelánea CIAAB*. no. 28: 1 – 16.
80. WHITEHEAD, D. C. 1995. Grassland nitrogen center for Agriculture and Bioscience International. Wallingford, UK, CABI. 397 p.
81. WILMAN, H.; WRIGHT, P. T. 1983 Some effects of applied nitrogen on the growth and chemical composition of temperate grasses. *Herbage Abstracts*. 53: 387 – 393.

82. ZANONIANI, R. A.; NOËLL, S. 1997. Verdeos de invierno. (en línea). Montevideo, Instituto del Plan Agropecuario. s. p. Consultado 22 nov. 2010. Disponible en <http://www.planagro.com.uy/publicaciones/uedy/Publica/Cart2/Cart2.htm>
83. _____.; DUCAMP, F. 2004. Leguminosas forrajeras del genero Lotus en el Uruguay. Cangüé. no. 25: 5-11.
84. _____.; BOGGIANO, P.; CADENAZZI, M.; SILVEIRA, D. 2006. Evaluación de cultivares de raigras bajo distintas intensidades de pastoreo. In: Reuniao do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul. Grupo Campos (21^a., 2006, Pelotas). Trabajos presentados. s.n.t. 1 disco compacto, 8mm.
85. _____. 2009. Efecto de la oferta de forraje y la fertilización nitrogenada sobre la productividad otoño invernal de un campo natural del litoral. Tesis Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 77 p.

9. ANEXOS

Anexo No. 1. Análisis estadístico de la variable composición botánica final

	Ecuación	R²	Probabilidad
Agropiro	$y = -1,6857x + 39,837$	0,47	0,31
Raigras	$y = 0,9573x + 1,71$	0,62	0,21
Leguminosas	$y = 0,8243x + 4,035$	0,15	0,6

Anexo No. 2 Análisis estadístico de la variable producción de forraje (kg MS/ha)

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0,933160312
Coeficiente de determinación R ²	0,870788168
R ² ajustado	0,806182252
Error típico	13,07220899
Observaciones	4

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	2303,234704	2303,234704	13,47845865	0,066839688
Residuos	2	341,7652959	170,882648		
Total	3	2645			

Anexo No. 3. Análisis estadístico de la variable forraje remanente (kg MS/ha)

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0,26401047
Coeficiente de determinación R ²	0,06970153
R ² ajustado	-0,39544771
Error típico	35,0759138
Observaciones	4

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	184,3605434	184,3605434	0,149847669	0,735989529
Residuos	2	2460,639457	1230,319728		
Total	3	2645			

Anexo No. 4. Análisis estadístico de la variable cantidad de forraje desaparecido (kg MS/ha)

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,882382148
Coefficiente de determinación R ²	0,778598255
R ² ajustado	0,667897382
Error típico	17,11151098
Observaciones	4

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	2059,392384	2059,392384	7,03335246	0,117617852
Residuos	2	585,6076159	292,8038079		
Total	3	2645			

Anexo No. 5. Análisis estadístico de la variable forraje disponible (kg MS/ha)

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,708691709
Coefficiente de determinación R ²	0,502243938
R ² ajustado	0,253365907
Error típico	25,65701448
Observaciones	4

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	1328,435216	1328,435216	2,01803243	0,291308291
Residuos	2	1316,564784	658,2823918		
Total	3	2645			

Análisis de varianza

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	68211	68211	2.02	0.2913
Error	2	67603	33801		
Corrected Total	3	135814			

Root MSE 183.85142 R-Square 0.5022
 Dependent Mean 1416.50000 Adj R-Sq 0.2534
 Coeff Var 12.97927

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Intercept	1	1241.30000	153.82113	8.07	0.0150
trat	1	5.07826	3.57482	1.42	0.2913

The REG Procedure
Model: cuadr
Dependent Variable: KGMS

Number of Observations Read 4
Number of Observations Used 4

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	87532	43766	0.91	0.5962
Error	1	48282	48282		
Corrected Total	3	135814			

Root MSE 219.73095 R-Square 0.6445
Dependent Mean 1416.50000 Adj R-Sq -0.0665
Coeff Var 15.51224

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Intercept	1	1171.80000	214.16723	5.47	0.1151
trat	1	14.14348	14.95362	0.95	0.5177
trat_cua	1	-0.13138	0.20769	-0.63	0.6409

Anexo No. 6. Análisis estadístico de la variable utilización del forraje (%)

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,9586918
Coefficiente de determinación R ²	0,919089967
R ² ajustado	0,878634951
Error típico	10,3442505
Observaciones	4

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	2430,992963	2430,992963	22,71881336	0,0413082
Residuos	2	214,0070368	107,0035184		
Total	3	2645			

Anexo No. 7. Análisis estadístico de la variable tasa de crecimiento (kg MS/ha/día).

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,936988063
Coefficiente de determinación R ²	0,877946631
R ² ajustado	0,816919946
Error típico	12,70494317
Observaciones	4

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	2322,168838	2322,168838	14,38627438	0,063011937
Residuos	2	322,831162	161,415581		
Total	3	2645			

Anexo No. 8. Análisis estadístico de la variable altura de utilización (cm)

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,231702042
Coefficiente de determinación R ²	0,053685836
R ² ajustado	-0,419471245
Error típico	35,3765527
Observaciones	4

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	141,9990375	141,9990375	0,11346303	0,768297958
Residuos	2	2503,000963	1251,500481		
Total	3	2645			

Anexo No. 9. Análisis estadístico de la variable altura del forraje disponible (cm).

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,383508602
Coefficiente de determinación R ²	0,147078848
R ² ajustado	-0,279381729
Error típico	33,58553594
Observaciones	4

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	389,0235517	389,0235517	0,34488264	0,616491398
Residuos	2	2255,976448	1127,988224		
Total	3	2645			

Anexo No. 10. Análisis estadístico de la variable altura del forraje remanente (cm)

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,44129197
Coefficiente de determinación R ²	0,1947386
R ² ajustado	-0,2078921
Error típico	32,6336973
Observaciones	4

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	515,0835991	515,0835991	0,48366556	0,558708032
Residuos	2	2129,916401	1064,9582		
Total	3	2645			

Anexo No. 11. Análisis estadístico de la variable producción individual de peso vivo (kg/animal/día).

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,340016574
Coefficiente de determinación R ²	0,115611271
R ² ajustado	-0,326583094
Error típico	0,050533331
Observaciones	4

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	0,000667641	0,000667641	0,26	0,659983426
Residuos	2	0,005107235	0,002553618		
Total	3	0,005774876			

Anexo No. 12. Análisis estadístico de la variable producción de carne por hectárea (kg PV/ha).

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,267244026
Coefficiente de determinación R ²	0,07141937
R ² ajustado	-0,392870946
Error típico	21,63559866
Observaciones	4

ANÁLISIS DE VARIANZA						
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F	
Regresión	1	72,0052597	72,0052597	0,15	0,732755974	
Residuos	2	936,1982584	468,0991292			
Total	3	1008,203518				

Anexo No. 13. Análisis estadístico de la variable producción de MS/ha en la estación primaveral

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,93761127
Coefficiente de determinación R ²	0,879114893
R ² ajustado	0,818672339
Error típico	189,874847
Observaciones	4

ANÁLISIS DE VARIANZA						
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F	
Regresión	1	524369,8425	524369,8425	14,54	0,06238873	
Residuos	2	72104,91507	36052,45753			
Total	3	596474,7576				

Anexo No. 14. Análisis estadístico de la variable producción de MS/ha en la estación invernal

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,901729861
Coefficiente de determinación R ²	0,813116742
R ² ajustado	0,719675113
Error típico	71,60341984
Observaciones	4

ANÁLISIS DE VARIANZA						
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F	
Regresión	1	44614,91124	44614,91124	8,70	0,098270139	
Residuos	2	10254,09947	5127,049733			
Total	3	54869,01071				