

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DE LA ASIGNACIÓN DE FORRAJE  
SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE UNA PASTURA  
DE SEGUNDO AÑO**

por

**Francisco AGUSTONI PAIS  
Carolina BUSSI CAMINITI  
Mathias SHIMABUKURO TISNÉS**

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

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2008**

Tesis aprobada por:

Director:

-----  
Ing. Agr. Esp. Ramiro Zanoniani

-----  
Ing. Agr. PhD. Pablo Boggiano

-----  
Ing. Agr. David Silveira

Fecha:

Autor:

-----  
Francisco Agustoni Pais

-----  
Carolina Bussi Caminiti

-----  
Mathias Shimabukuro Tisnés

## **AGRADECIMIENTOS**

A los directores de la tesis Ing. Agr. Ramiro Zanoniani e Ing. Agr. Pablo Boggiano por darnos la posibilidad de realizar esta tesis y por el soporte brindado durante la elaboración de la misma.

A la Ing. Agr. Mónica Cadenazzi por la realización del análisis estadístico de los datos recabados.

En especial agradecemos a nuestras familias que nos apoyaron siempre a lo largo de todos los años de nuestra carrera.

Y por último, a todos aquellos que colaboraron para la realización de este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES .....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES QUE COMPONEN LA MEZCLA .....	3
2.1.1 <u>Lolium perenne</u> .....	3
2.1.2 <u>Trifolium repens</u> .....	5
2.1.3 <u>Lotus corniculatus</u> .....	6
2.2 IMPORTANCIA DE LAS PRADERAS CON MEZCLA DE ESPECIES ..	7
2.3 EFECTOS DEL PASTOREO .....	10
2.3.1 <u>Introducción</u> .....	10
2.3.2 <u>Parámetros que definen el pastoreo</u> .....	11
2.3.2.1 Intensidad .....	11
2.3.2.2 Frecuencia .....	11
2.3.3 <u>Dinámica del crecimiento de gramíneas y leguminosas</u> .....	13
2.3.4 <u>Efecto del pastoreo sobre la pastura</u> .....	17
2.3.4.1 Efectos sobre el rebrote .....	18
2.3.4.2 Efectos sobre la producción de materia seca .....	20
2.3.4.3 Efectos sobre la utilización del forraje .....	22
2.3.4.4 Efectos sobre la morfología y la estructura .....	23
2.3.4.5 Efectos sobre la composición botánica .....	27
2.3.4.6 Efectos sobre la persistencia .....	29
2.3.4.7 Efectos sobre la calidad .....	31

2.3.5 Efecto del pastoreo sobre la performance animal.....	33
2.4 PRODUCCIÓN ANIMAL.....	36
2.4.1 <u>Introducción</u> .....	36
2.4.2 <u>Relación entre consumo – disponibilidad – altura</u> .....	36
2.4.3 Relación asignación de forraje – consumo .....	38
2.5 HIPÓTESIS .....	41
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	43
3.1 INTRODUCCIÓN.....	43
3.2 CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES .....	43
3.2.1 <u>Lugar y período experimental</u> .....	43
3.2.2 <u>Descripción del sitio experimental</u> .....	43
3.2.3 <u>Información meteorológica</u> .....	43
3.2.4 <u>Antecedentes del área experimental</u> .....	44
3.2.5 <u>Tratamientos</u> .....	44
3.2.6 <u>Diseño experimental</u> .....	45
3.3 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL .....	45
3.3.1 <u>Mediciones generales</u> .....	45
3.3.2 <u>Variables determinadas</u> .....	46
3.3.2.1 Disponibilidad y rechazo de materia seca .....	46
3.3.2.2 Altura del disponible y del remanente .....	47
3.3.2.3 Materia seca desaparecida .....	47
3.3.2.4 Porcentaje de desaparición .....	47
3.3.2.5 Producción de forraje .....	47
3.3.2.6 Tasa de crecimiento promedio .....	48
3.3.2.7 Composición botánica .....	48
3.3.2.8 Ganancia de peso diaria .....	48
3.3.2.9 Producción de carne por hectárea .....	48
3.4 HIPÓTESIS .....	49
3.4.1 <u>Hipótesis biológicas</u> .....	49

3.4.2 <u>Hipótesis estadísticas</u> .....	49
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	49
3.5.1 <u>Modelo estadístico</u> .....	49
3.5.2 <u>Para medidas repetidas en el tiempo</u> .....	50
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	52
4.1 DATOS METEOROLÓGICOS.....	52
4.2 CANTIDAD DE FORRAJE Y ALTURA DEL DISPONIBLE .....	54
4.3 CANTIDAD DE FORRAJE Y ALTURA DEL REMANENTE.....	59
4.4 PRODUCCIÓN DE FORRAJE .....	63
4.5 PORCENTAJE DE FORRAJE DESAPARECIDO .....	65
4.6 FORRAJE DESAPARECIDO .....	66
4.7 COMPOSICIÓN BOTÁNICA .....	67
4.8 PRODUCCIÓN ANIMAL .....	74
4.9 CONSIDERACIONES GENERALES.....	77
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	80
6. <u>RESUMEN</u> .....	81
7. <u>SUMMARY</u> .....	83
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	85
9. <u>ANEXOS</u> .....	99

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Disponibilidad promedio en Kg de materia seca por hectárea en función del porcentaje de asignación.....	54
2. Altura promedio del disponible en centímetros en función del porcentaje de asignación.....	54
3. Remanente promedio en Kg de materia seca por hectárea en función del porcentaje de asignación.....	59
4. Altura promedio del remanente en centímetros en función del porcentaje de asignación.....	59
5. Forraje utilizado total y promedio en función de los diferentes tratamientos.....	67
6. Proporción promedio medido en el disponible de los distintos componentes de la pastura según la asignación de forraje.....	69
Figura No.	
1. Registro de precipitaciones durante el experimento comparado con el promedio histórico.....	52
2. Registro de temperaturas medias durante el ensayo comparadas con la media histórica.....	53
3. Kg de materia seca disponible en función de la altura disponible.....	55
4. Evolución de la disponibilidad (kg MS/há) de forraje previo a los pastoreos.....	56

5. Kg de materia seca remanente en función de la altura remanente.....	60
6. Evolución del remanente de forraje (KgMS/há) para los distintos tratamientos.....	61
7. Evolución de la altura promedio del remanente (cm) para cada tratamiento a lo largo de los sucesivos pastoreos.....	62
8. Producción de materia seca (Kg/há) según asignación de forraje.....	63
9. Forraje desaparecido según asignación de forraje.	65
10. Proporción de los distintos componentes de la pastura al inicio del experimento.....	68
11. Evolución de la composición botánica en el tratamiento de 2% PV de asignación de forraje...	71
12. Evolución de la composición botánica en el tratamiento de 4,5% PV de asignación de forraje.....	71
13. Evolución de la composición botánica en el tratamiento de 7% PV de asignación de forraje.....	72
14. Evolución de la composición botánica en el tratamiento de 9,5% PV de asignación de forraje.....	72
15. Ganancia media diaria promedio (Kg/animal/día) y producción de carne promedio (Kg/há) en función de los distintos tratamientos para todo el experimento.....	75



## 1. INTRODUCCIÓN

Las pasturas cultivadas mixtas suponen la sustitución total de la vegetación presente, la preparación de una buena sementera, el agregado de nutrientes y la siembra de mezclas forrajeras compuestas 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, 2004).

Actualmente es muy común el uso de mezclas forrajeras tipo multipropósito formadas por tres o cuatro especies complementarias, intentando una buena distribución estacional (Carámbula, 2004).

La interrelación entre la pastura y el rumiante en pastoreo es un proceso dinámico y de doble vía donde por un lado los aspectos físicos-químicos y morfológicos de las pasturas influyen el material ingerido por el animal, por el otro el forraje removido determina la cantidad y el tipo de material remanente que a la postre tiene una influencia determinante en la capacidad de rebrote de la pastura. En el control de estos procesos está la base del manejo de los sistemas pastoriles (Lucas, 1963).

Se debe considerar el hecho de que durante el año se produce por un lado en las plantas una serie de cambios morfofisiológicos, y por otro en sus poblaciones un conjunto de modificaciones que incluyen variaciones en la composición botánica y en la estructura del tapiz, las cuales afectan tanto la cantidad de forraje producido como su calidad. Desde el punto de vista agronómico, el concepto de persistencia en las pasturas involucra el criterio de constancia de rendimientos dentro de un equilibrio dinámico de balance entre las especies sembradas (gramíneas y leguminosas) y la vegetación residente. La falta de persistencia de las pasturas se presenta como un serio problema en los países del Cono Sur, así como también en gran parte del mundo (Carámbula, 2004).

La necesidad de ofrecer a los animales, el mayor volumen de forraje con el mayor valor nutritivo durante el mayor tiempo posible del año, exige que se realicen en cada estación manejos dirigidos a lograr dicha meta de la manera más eficiente. Para ello se deberá tener en cuenta las condiciones ambientales

prevalentes y los parámetros involucrados, pero por sobre todas las cosas, muy claros los objetivos de manejo a aplicar (Carámbula, 2004).

Ha sido reconocido que la carga tiene una gran influencia sobre la ganancia por animal y por unidad de superficie para una pastura y manejo dado (Riewe et al., 1962).

La asignación de forraje (kg de materia seca/100 kg de PV) es uno de los factores más importantes que afectan el consumo de pasturas y uno de los más manejables cuando se pretende realizar un manejo de pastoreo (Hodgson, 1984). Es así que la dotación juega un rol importante tanto en la utilización del forraje como en la vida productiva de la pastura (Cardozo, citado por Bartaburu et al., 2003).

El presente trabajo tiene como objetivo principal evaluar la producción de forraje y composición botánica de una pradera de *Lolium perenne*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* en su segundo año de vida en función de diferentes intensidades de pastoreo. Así mismo como objetivo secundario, se evaluó la producción animal media diaria. En función de estas variables se determinará la respuesta de la pastura a los diferentes tratamientos aplicados para brindar recomendaciones de manejo para mejorar la eficiencia y sustentabilidad de su utilización.

Por lo tanto, en este experimento se determinaran los siguientes objetivos específicos:

- la variación de la productividad de forraje con diferentes intensidades de pastoreo.
- la variación en la producción de carne bajo distintas asignaciones de forraje.
- funciones de respuesta de ambas variables con diferentes intensidades de pastoreo.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES QUE COMPONENTEN LA MEZCLA

#### 2.1.1 Lolium perenne

Se trata de una especie perenne, con ciclo de producción invernal y hábito de crecimiento cespitoso, de gran adaptación al pastoreo debido a su facilidad de rebrote, resistencia al pisoteo y elevada agresividad, formando junto con el trébol blanco praderas de alta producción de forraje de calidad excelente (Carámbula, 2002).

Especie de fácil establecimiento, muy macolladora y precoz (comparada con otras gramíneas) (Langer, 1981). Según Betín (1975) el buen establecimiento del raigrás perenne es debido a la rapidez de su germinación y a lo acelerado de su brotación. Es una forrajera que permite pastoreos prolongados debido a que presenta floración tardía, lo que le permite conservar durante mayor cantidad de tiempo, una alta calidad de forraje (Laissus y Allerit, citados por Carámbula, 2002). Se adapta tanto al pastoreo directo, como al henolaje, henificación y ensilaje. A su vez presenta comportamiento deficiente en suelos con texturas livianas y su producción es máxima en suelos fértiles y bien drenados (Carámbula, 2002). Presenta un amplio espectro de adaptabilidad a suelos húmedos, de zonas bajas o moderadamente altas (Betín, 1975).

El raigrás perenne es muy afectado por temperaturas desfavorables, heladas tardías y primaveras frías, por lo cual, pasturas con raigrás dominante pueden presentar problemas de persistencia en el segundo año de utilización (Munro y Davies, 1973). Se desarrolla mejor entre los regímenes de temperatura de 16°C diurnos/10°C nocturnos y 23°C/17°C, declinando su producción y habilidad competitiva a temperaturas mayores (31°C/25°C) (Cook et al., citados por Carámbula, 2002). Según Langer (1981), la mayoría de las gramíneas de origen templado como el raigrás, parecen tener temperaturas óptimas para el crecimiento foliar que varían desde 20° a 29°C. Se adapta a climas templados y húmedos, particularmente aquellos frescos, nubosos y sombríos (Carámbula, 2002).

La temperatura mínima para las gramíneas templadas es de 0° C, en tanto que las leguminosas producen muy poco por debajo de 0° C (Escuder, citado por Almada et al.<sup>1</sup>).

El comportamiento del raigrás perenne es muy pobre durante el verano, dadas sus exigencias de humedad; la especie no tolera la sequía. En pasturas de vida larga muchas veces necesita ser sembrado. Varias de las condiciones ecológicas que presenta la región y particularmente Uruguay son limitantes para que esta especie prospere o al menos lo hagan la mayoría de los cultivares disponibles. La persistencia del raigrás perenne depende del cultivar, de la intensidad de utilización y de las condiciones climáticas (Carámbula, 2002).

Con referencia a su producción de forraje en el año de establecimiento, el raigrás perenne puede producir de 4 a 10 toneladas por hectárea de materia seca, por lo que su potencialidad de rendimiento en este primer año, en condiciones muy favorables es cercana a la del raigrás anual (Betín, 1975).

Respecto a los cultivares, los tetraploides han presentado una serie de ventajas tales como:

- Mayor consumo por parte del animal (Alder, citado por Almada et al.<sup>1</sup>).
- Mayor palatabilidad y consumo por parte del animal, por presentar mayor contenido de carbohidratos solubles (Langer, 1981)

Según Langer (1981), las desventajas de los mencionados cultivares serían:

- Carencia de densidad y persistencia.

---

<sup>1</sup> Almada, S.; Palacios, M.; Villalba, S.; Zipitría, G. 2007. Efectos de la asignación de forraje y la suplementación sobre la productividad de una pastura de raigrás perenne, trébol blanco y lotus corniculatus (sin publicar).

- Mayor contenido de agua, lo que implica una menor proporción de materia seca.

En particular, el cultivar Horizon del *Lolium perenne*, evaluado en el presente trabajo posee como principales características y ventajas, según lo descrito por la empresa semillerista KWS, el ser un cultivar de raigrás perenne y tetraploide con una muy alta producción primaveral, al igual que una elevada calidad del forraje producido, por lo cual es muy apetecible para los animales. Además, también presenta una muy buena capacidad de rebrote, así como muy buena sanidad de sus hojas. Por último es de destacar la muy alta tasa de sobrevivencia que posee éste cultivar durante el verano, lo cual es una limitante del raigrás perenne como se mencionó anteriormente.

En un segundo plano aparecen atributos que si bien son buenos, no son los más destacables, como ser una buena velocidad de establecimiento y producción otoño–invernal, características que son más típicas de los raigrás anuales. También se resalta su capacidad de macollaje como un aspecto positivo, aunque sin ser éste uno de sus mejores atributos.

### 2.1.2 *Trifolium repens*

Es una leguminosa perenne (aunque puede comportarse como anual, bienal o de vida corta), estolonífera, de ciclo invernal, pero su mayor producción se registra en primavera. Por su alta producción de forraje de calidad excelente (alto valor nutritivo), su persistencia con manejos intensivos y la habilidad para competir con gramíneas perennes a la vez de cederles altas cantidades de nitrógeno, esta especie contribuye a formar las mejores pasturas del mundo. Se adapta mejor a suelos medianos a pesados, fértiles y húmedos. No tolera suelos superficiales, siendo sensible a la sequía (Carámbula, 2002). Además, presenta bajo vigor inicial y establecimiento lento, y no tolera la sombra (Langer, 1981).

El crecimiento y desarrollo de esta leguminosa se favorece durante estaciones húmedas y frías, en suelos bien drenados, fértiles, de pH 6 a 7 y que tienen un buen contenido de nutrientes minerales. Prolongados períodos de alta temperatura, así como suelos mal drenados, salinos, alcalinos, o períodos de

seca, reducen el crecimiento del trébol blanco y su persistencia (Carlson et al., 1985).

La gran adaptación de esta especie al manejo intenso y los altos rendimientos de materia seca que produce se deben a cinco atributos muy positivos: porte rastrero, meristemas contra el suelo, índice de área foliar bajo, hojas jóvenes ubicadas en el estrato inferior y hojas maduras en el estrato superior. A pesar de estos atributos, como toda planta forrajera, se ve afectada por manejos severos y exagerados, pudiendo perjudicar su habilidad competitiva. Lo más adecuado sería aplicar manejos que permitan mantener plantas vigorosas que presenten mayor longitud de estolones por área de suelo e incrementos en el diámetro de los mismos, mayor peso individual de las hojas, así como mayor proporción de hojas cosechables (Carámbula, 2002).

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 o frente a períodos secos (Brougham, 1956).

### 2.1.3 *Lotus corniculatus*

Es una especie perenne estival, de la que se desarrollan tallos normalmente erectos, aunque puede variar con el cultivar (Zanoniani y Ducamp, 2004). Presenta un sistema radicular pivotante profundo, la 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 susceptible a enfermedades causadas por hongos en el sistema radicular y la corona (Pereira, 2007).

Es una especie de buen potencial de producción primavero-estivo-otoñal, con posibilidades de producción a fines de invierno en cultivares tempranos. Al igual que las praderas mixtas presenta una clara tendencia hacia una estacionalidad más marcada a medida que el cultivo envejece (Carámbula, 2002).

Respecto a su calidad, presenta un elevado valor nutritivo que declina poco en pleno verano con la madurez (Buxton et al., 1985) y se mantiene con muy buena calidad para ser diferido (Collins, 1982). Otra de las características que posee es que no produce meteorismo, pudiendo ser sembrada como cultivo puro (Pereira, 2007).

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, meristemas 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 20-25cm antes de ser defoliado, y con remanentes no menores de 7,5cm. A su vez los cultivares erectos deben quedar con más rastrojo que los postrados, debiendo ser los pastoreos rotativos y racionales. La reinstalación de nuevas plantas y rebrotes desde la corona se ve favorecida por un manejo intenso en otoño, que permita la entrada de luz a horizontes más profundos (Zanoniani y Ducamp, 2004).

## 2.2 IMPORTANCIA DE LAS PRADERAS CON MEZCLA DE ESPECIES

Mientras Donald (1963) sostiene que no existen evidencias de que las mezclas sean ventajosas para alcanzar mejores rendimientos que los mismos cultivos puros, Jones et al. (1968), Rhodes (1969), Harris y Lazenby (1974) indican que una combinación de especies forrajeras y/o cultivares debería ser más eficiente para utilizar los recursos ambientales disponibles, que cada especie o cultivar sembrado individualmente. Esto concuerda con lo que dice Carámbula (2002), quien además sostiene que una mezcla de especies invernales y estivales puede resultar más productiva que mezclas simples estacionales sembradas separadamente.

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

Similares resultados obtuvieron Harris y Thomas (1973) en lo que respecta a la fijación biológica de nitrógeno, crecimiento estacional y hábitos de crecimiento de ambas especies, concluyendo que existe una asociación positiva entre el trébol blanco y el raigrás perenne.

De incluirse *Lolium perenne* en el rol de gramínea de una mezcla, el forraje disponible durante el verano será completamente desbalanceado a favor de la o las leguminosas asociadas en la mezcla. Por consiguiente resulta fundamental realizar manejos que doten al raigrás perenne de sistemas radiculares vigorosos y activos (Carámbula, 2002).

Según Harris y Thomas (1973), durante el período de establecimiento de la pastura existe un efecto de dominancia del raigrás perenne 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 de establecimiento continúan en la primavera y principios del verano del primer año.

En general el trébol blanco no es eliminado de la pastura en ninguna ocasión, pero presenta mayor rendimiento en frecuencias de pastoreo bajas. Se destaca que cuando el trébol blanco alcanza altos rendimientos, en ninguna ocasión marca una supresión del raigrás perenne. Cuando en verano el trébol blanco es quien provee la mayor parte del forraje, se debe a la dominancia estacional y no a la competencia interespecífica, ya que el efecto surge como consecuencia de un pobre crecimiento del raigrás perenne en dicha época (Harris y Thomas, 1973).

En cuanto a la dinámica de las especies en las mezclas, Carámbula (1991) menciona que la mayoría de las pasturas cultivadas presentan un desequilibrio acentuado a favor de la fracción leguminosa, dado que es más fácil establecer

leguminosas que gramíneas. Este hecho es precisamente el que determina los rendimientos más elevados de materia seca al segundo y tercer año promoviendo las producciones animales más altas en la vida de la pastura, aunque con serios riesgos de meteorismo. Si bien esta superioridad de las leguminosas tiene su aspecto positivo, también es cierto que conduce a pasturas de baja persistencia, dado que una vez incrementado el nivel de nitrógeno del suelo, la invasión de especies mejor adaptadas pero menos productivas termina dominando las praderas.

La rapidez y eficiencia con que se realice el crecimiento de los sistemas radiculares, será tanto menor cuanto más maltratadas hayan sido las plantas por sobrepastoreos en invierno. En esas circunstancias no solamente se impedirá la acumulación de reservas en los órganos más perecederos de las plantas, sino que el sobrepastoreo altera también el microambiente debido a la acción física del pisoteo sobre la parte aérea de las mismas (magullado y enterrado) y sobre la parte subterránea (compactación, falta de aireación y menor infiltración del agua) (Carámbula, 2002).

Brougham, citado por Langer (1981), cita contrastes en los hábitos de crecimiento (estolonífero y cespitoso para el trébol blanco y raigrás, respectivamente) y en la orientación de las hojas. Esta arquitectura aseguraría un mayor y mejor uso del espacio horizontal y vertical, además de una mayor eficiencia en la intercepción de la luz para los diferentes estados de crecimiento luego de la defoliación.

En este sentido, Harris y Thomas (1973) separan dos efectos claramente identificables en la dinámica de la mezcla:

- Cambios en el contenido del trébol blanco con las estaciones. En invierno hay una dominancia del trébol, mientras que en primavera y principios de verano predomina el raigrás, volviendo a avanzar el trébol a fines de esta última estación.
- Existe una oscilación dentro de la pastura del contenido de gramínea y trébol dentro de la fase de equilibrio, que depende de la proporción de semilla de cada una de las especies que se haya usado en la siembra.

## 2.3 EFECTOS DEL PASTOREO

### 2.3.1 Introducción

Una pastura bajo pastoreo es un sistema dinámico en el cual el tejido foliar es continuamente producido por macollas, es consumido por animales o se pierde por senescencia. Optimizar la cantidad de forraje recolectado por el animal requiere dos consideraciones: mantener una tasa de acumulación de forraje verde alta y maximizar la eficiencia de utilización del forraje o minimizar las pérdidas del mismo (Smetham, 1973).

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, 2004).

La defoliación consiste básicamente en la remoción de parte de los órganos aéreos de las plantas, y es caracterizada primariamente por su intensidad y frecuencia (o su inverso, el intervalo entre defoliaciones). En algunas instancias, la defoliación requiere ser definida también por otras características, como la homogeneidad o heterogeneidad espacial, o el momento en relación al estado de desarrollo de las plantas, en particular con respecto a la iniciación floral (Gastal et al., 2004).

El manejo de la defoliación para producir rendimientos elevados de forraje durante la etapa vegetativa, debe considerar ambas variables (frecuencia e intensidad) en forma conjunta (Carámbula, 2004).

La defoliación afecta los parámetros morfogenéticos que determinan el tamaño y la densidad de macollas, dependiendo de su frecuencia e intensidad, a través de procesos fisiológicos y ambientales, directos e indirectos (Gastal et al., 2004).

## 2.3.2 Parámetros que definen el pastoreo

### 2.3.2.1 Intensidad

Con referencia al rendimiento de cada pastoreo o corte (intensidad de cosecha), el mismo está dado por la altura del rastrojo al retirar los animales, lo que no sólo afecta el rendimiento de cada defoliación, sino que condiciona el rebrote y por lo tanto la producción total de la pastura. En este sentido la mayor intensidad tiene una influencia positiva en la cantidad de forraje cosechado pero negativa en la producción de forraje subsiguiente. En todos los casos es muy importante que el rastrojo que se deje sea realmente eficiente (Carámbula, 2004). 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.

Para evitar inconvenientes y como recomendación general, las especies postradas pueden ser pastoreadas en promedio hasta 2,5cm y las erectas entre 5 y 7,5cm. De no operarse así, se pueden causar daños irreparables (Carámbula, 2004).

A modo de síntesis, Matthew, citado por Velasco et al. (2005), señalan que es importante enfatizar la importancia de mantener rastrojos adecuados, con lo que se logran rebrotes más rápidos y más sanos, apoyados por áreas foliares eficientes capaces de utilizar mejor la luz incidente, y a la vez absorber más agua.

### 2.3.2.2 Frecuencia

La frecuencia de defoliación es el intervalo entre dos períodos sucesivos de pastoreo, lo cual es una característica del sistema de manejo del pastoreo (Pineiro y Harris, 1978).

Si bien cada especie tiene un período de crecimiento limitado, cuanto mayor sea el número de cosechas (pastoreos o cortes) menor es el tiempo de crecimiento entre dos aprovechamientos sucesivos, y por lo tanto menor será la producción de forraje de cada una de ellas (Carámbula, 2004).

Otra forma de manejar la frecuencia de pastoreo es mediante la altura del forraje disponible al comenzar el pastoreo. Para Hodgson (1990) la altura de la pastura es el indicador más útil para los propósitos de manejo, siendo esta la variable más simple para predecir la respuesta, tanto de la pastura como del animal. Esto es particularmente cierto en pasturas mantenidas bajo pastoreo continuo y estable y cuando las diferencias en características tales como área foliar, densidad de hojas y estructura del tapiz están altamente relacionados con diferencias en altura (Mazzanti y Lemaire, 1994).

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 Slack (1995) sostienen en un trabajo sobre el manejo del raigrás 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 misma aumenta.

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 (Formoso, 1995).

Si bien 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 en teoría por el IAF óptimo (área foliar capaz de interceptar el 95% de la luz incidente) (Carámbula, 2004).

En pasturas con IAF óptimos bajos, como aquellas dominadas por tréboles, es posible realizar un aprovechamiento más intenso con defoliaciones más frecuentes (IAF 3) que en pasturas dominadas por leguminosas erectas (IAF 5) o por gramíneas erectas (IAF entre 9 y 10) (Brougham, 1956).

Como pauta general, Carámbula (2004) sugiere que en el período primavera-estivo-otoñal el volumen de forraje prepastoreo ofrecido debería alcanzar a 1,5-2,0 toneladas de MS/ha, con lo que se logra no sólo más forraje anual y particularmente invernal, sino además una mayor persistencia de la pastura y un control más eficiente de malezas y gramilla.

Con un incremento en la frecuencia de cortes, el número de puntos de crecimiento, la materia seca por planta, el número de hojas y el tamaño de las mismas se ven reducidos (Singh y Sale, citados por Olmos, 2004).

### 2.3.3 Dinámica del crecimiento de gramíneas y leguminosas

Teniendo en cuenta que en las pasturas el verdadero rendimiento económico está constituido por macollas, tallos y hojas, es fundamental conocer los eventos que se suceden en la formación de estos componentes del rendimiento y los efectos que pueden ejercer diferentes factores sobre los mismos (Carámbula, 2002).

La producción de tejido foliar es un proceso que se da de forma continua, regulado por variables del ambiente y características del estado de la pastura. En tapices bajo pastoreo, el tejido foliar sufre eventos de defoliación cuya frecuencia e intensidad afectan la fisiología de las plantas, por su efecto en la tasa de producción de nuevas hojas. Por consiguiente, la optimización de los sistemas de pastoreo no puede concebirse independientemente de la maximización de la producción de forraje. Es una interacción entre los tres flujos de tejido foliar que se dan en los sistemas pastoriles: crecimiento, senescencia y consumo (Parsons et al., 1991).

En las leguminosas, el desarrollo vegetativo consiste en el crecimiento alternado de hojas en el tallo inicial, y de tallos secundarios nacidos desde los meristemas ubicados en las axilas de dichas hojas. En las gramíneas, durante la etapa de desarrollo vegetativo dominan fundamentalmente dos procesos: el de formación de hojas y el de formación de macollas, el primero continuo y el segundo relativamente discontinuo (Carámbula, 2002).

Cuando las plantas son defoliadas, la mayor prioridad apunta hacia un nuevo objetivo, maximizar la velocidad de refoliación utilizando eficientemente la energía remanente post-defoliación, a los efectos de reestablecer lo más rápidamente posible un balance positivo de fijación de energía (Chapín et al., 1987).

Si bien el efecto causado por las defoliaciones varía con la intensidad de las mismas, también es cierto que además este efecto varía entre gramíneas y leguminosas. A igual área foliar remanente, las leguminosas interceptan más luz que las gramíneas, debido a la disposición de sus hojas y en consecuencia se recuperan más fácilmente. Dentro de las gramíneas también es posible encontrar este comportamiento diferencial entre los tipos erectos y postrados. Sin embargo, a pesar de que las leguminosas y las gramíneas postradas tienen rebrotes más rápidos, alcanzan antes el IAF óptimo y, en consecuencia, sus rendimientos en forraje son por lo general menores que los de las gramíneas de tipo erecto. Como resultado, estas últimas presentan una producción mayor con manejos más aliviados (Carámbula, 2004).

En pasturas aliviadas muchas veces el área foliar remanente está constituida por hojas viejas y/o parcialmente descompuestas por la humedad y los microorganismos, por lo que su valor como área fotosintetizante es muy bajo. Esto es particularmente importante en gramíneas con pocas macollas nuevas, donde la mayoría de las hojas jóvenes se encuentran en el estrato superior de la pastura. En otras especies, como el trébol blanco y el trébol subterráneo, sucede todo lo contrario y las hojas nuevas que se han formado bajo la sombra proporcionada por el exceso de follaje, al ser expuestas bruscamente a la luz solar, pueden sufrir una desecación intensa, lo que provoca una menor eficiencia de las mismas (Pearce et al., 1965).

Cada hoja producida posee yemas axilares capaces de originar nuevos macollos con características idénticas al que le dio origen. Una única planta puede presentar varias generaciones de macollos, debido a que cada yema axilar puede potencialmente formar un macollo. La producción de nuevos módulos y de sus hojas está altamente sincronizado con la formación de hojas en el tallo principal (Nabinger, 1996).

Por lo general en las gramíneas templadas el número máximo de hojas vivas por macollo es cercano a 3, salvo en el período reproductivo (elongación o

encañazón) cuando un macollo puede sostener un mayor número de hojas (Agnusdei et al., 1998a). Esto significa que si transcurre el tiempo y un macollo no es pastoreado, una vez alcanzado tal número máximo, al aparecer una nueva hoja, la hoja más vieja senesce. Especies con una vida media foliar corta tienen un recambio foliar más rápido y deben ser pastoreadas más frecuentemente (por ejemplo raigrás perenne). A su vez, como la vida media foliar está afectada por la temperatura media del ambiente, el recambio foliar es mucho más rápido en primavera respecto a pleno invierno, e intermedio en otoño (Agnusdei et al., 1998a).

En ausencia de limitaciones hídricas y nutricionales, el tallo principal produce sus hojas a un ritmo determinado genéticamente, el cual depende de la acción de la temperatura ambiente sobre el meristemo apical (Peacock, 1975). La duración de la vida de las hojas determina el número máximo de hojas vivas en un macollo, lo cual permite determinar dos características esenciales en la dinámica de crecimiento de una pastura luego de un corte: I) la duración de la fase corte-inicio de la senescencia foliar, II) La máxima cantidad de biomasa viva acumulada, que corresponde al “rendimiento techo” (Brancato et al., 2004).

Mientras crece, la hoja recibe metabolitos de las hojas precedentes, pero una vez desarrollada, es ella quien los aporta tanto a las hojas que le suceden, como a sus macollas hijas y raíces, disminuyendo su eficiencia fotosintética a medida que envejece. Este aspecto puede ser muy importante en pasturas mal manejadas donde la falta de luz, por una densidad excesiva de la trama o canopia, puede provocar la muerte anticipada de hojas maduras, y su rápida descomposición, con la consiguiente pérdida de materia seca (Carámbula, 2002).

Parecería que la tasa de aparición foliar de *Lolium perenne* y *Festuca arundinacea* no es afectada significativamente por la relación rojo/rojo lejano ni por la luz azul (Gautier et al., Gastal y Verdenal, citados por Gastal et al., 2004). De esta manera, el efecto positivo de la intensidad de la luz sobre la tasa de aparición foliar observada en algunas circunstancias puede ser interpretada por un aumento de la actividad fotosintética y del suministro de carbono (Gastal et al., 2004).

Las especies de gramíneas templadas almacenan carbohidratos solubles en agua principalmente en la base de las macollas (o tallos), y luego usan esas

reservas para suplir energía para el crecimiento y funcionamiento continuo cuando la producción de energía (a través de la fotosíntesis) es insuficiente para satisfacer la demanda (por ejemplo: luego de la defoliación o durante el sombreado) (White, citado por Donaghy y Fulkerson, 1998).

En un contexto de sobrevivencia, hay prioridad en destinar las reservas a recomponer el canopeo en vez de destinarlo al crecimiento de raíces o nuevos macollos. Los macollos parentales tienen mayor prioridad que las macollas hijas en una situación de stress (Fulkerson y Slack 1995, Donaghy y Fulkerson 1998).

El mayor rendimiento relativo de las pasturas sometidas a períodos de descanso prolongados versus aquellas 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).

El principal parámetro que gobierna la producción de forraje, tanto en sistemas de pastoreo continuo como rotativo, es el IAF promedio al que es mantenida la pastura (Parsons et al., 1991).

La relación entre la estructura de la pastura, y la producción y utilización de forraje se ha explicado por el índice de área foliar. La máxima productividad neta se da en un rango de IAF de 3-5 para gramíneas. Con IAF menores, la productividad es limitada por la intercepción de luz, y con IAF mayores, es limitada tanto por el gasto en respiración como por senescencia (Chapman y Lemaire, 1993).

La producción de forraje aumenta en forma asintótica con el IAF, en relación a la cantidad de radiación interceptada, mientras que la senescencia aumenta en forma lineal. Este análisis basado en la relación IAF-crecimiento deriva de estudios de pasturas pastoreadas en forma discontinua y debería ser adaptado a condiciones de pastoreo continuo, donde las modificaciones de largo plazo de la estructura de la pastura modifican las relaciones de fotosíntesis, respiración y senescencia (Parsons et al., 1991).

Un segundo abordaje fue propuesto por Chapman y Lemaire (1993), en el cual el flujo de los tejidos de la pastura es analizado a través de varios componentes del crecimiento como las tasas de aparición, de crecimiento y de muerte de hojas, el patrón de ramificación y masa específica de órganos. Por definición, este abordaje es más cercano al análisis de la estructura de la pastura que el de IAF-tasa de crecimiento, pero es razonable que ambos abordajes sean complementarios.

Luego de la defoliación, lo primero que se afecta es la iniciación de las macollas debido al descenso en el nivel de carbohidratos solubles de reserva en el remanente, luego el crecimiento de las raíces y por último el crecimiento de las hojas. El momento de iniciación de las macollas hijas coincidió con el reestablecimiento del nivel de carbohidratos solubles en el remanente (Donaghy y Fulkerson, 1998).

En trébol blanco los efectos de la defoliación o el corte producen un patrón similar de respuesta al sombreado en la planta. El cambio en la tasa fotosintética lleva a diferencias en el balance del carbono, y dependiendo de cuan intenso sea el efecto, el mismo podría cambiar la cantidad de carbono destinada a diferentes partes de la planta, determinando prioridades en la localización de los asimilados. La primera restricción al patrón de distribución de asimilados, ocurre con el carbono destinado a las raíces, en segundo lugar hacia los estolones, luego en ramas y en el caso más extremo dando absoluta prioridad al punto de crecimiento en el ápice del estolón (Chapman y Robson, citados por Olmos, 2004).

Con respecto al manejo de las intensidades y frecuencias de pastoreo, éste debería ser diferencial en función de las distintas estaciones, así como de los periodos de descanso para semillazón y/o regeneración natural, todo ello relacionado con las condiciones climáticas (Carámbula y Terra, 2000).

#### 2.3.4 Efectos del pastoreo sobre la pastura

La respuesta de plantas individuales a la intensidad y frecuencia de defoliación involucra procesos en la interfase planta-animal: en el corto plazo ocurren respuestas fisiológicas asociadas a la reducción de carbono suministrado para las plantas, resultante de la pérdida de parte del área

fotosintética; y en el largo plazo existen respuestas morfológicas que permiten a la planta adaptar su arquitectura y escapar a la defoliación (Briske, 1996). A su vez, Lemaire (1997) menciona que además del escape al pastoreo se puede observar un cierto nivel de tolerancia al mismo, que se refiere a procesos fisiológicos que permiten a la pastura continuar la maximización de su crecimiento luego de la defoliación a pesar de la pérdida de tejido fotosintético.

La interrelación entre la pastura y el rumiante en pastoreo es un proceso de doble vía donde por un lado los aspectos físico químicos y morfológicos de la pastura influyen en el material ingerido por el animal. Por otro lado el forraje removido determina la cantidad y tipo de material remanente que a la postre tiene una influencia determinante en la capacidad de rebrote de la pastura (Chilibroste, 2002).

#### 2.3.4.1 Efectos sobre el rebrote

El rebrote después del corte depende de la interacción entre los carbohidratos de reserva en la planta y el área foliar del rastrojo residual (Blaser y Brown, citados por Langer, 1981).

Es posible que sean necesarias cierta cantidad de defoliaciones frecuentes sucesivas para bajar el nivel de reservas de carbohidratos solubles lo suficiente como para afectar el rebrote. Además, el impacto que el nivel de carbohidratos solubles tenga sobre el rebrote depende también de la altura del remanente, habiendo una interacción entre dichos factores. La altura de defoliación afectaría no solo la cantidad absoluta de carbohidratos solubles en el remanente sino también los requerimientos de las plantas, según la capacidad fotosintética que represente (Fulkerson y Slack, 1995).

Estudios previos con raigrás perenne han mostrado una alta correlación entre el nivel de carbohidratos solubles al momento de la defoliación y el crecimiento subsecuente (Donaghy y Fulkerson, 1998).

Cuanto más corta sea defoliada una pastura, mayor será el período transcurrido antes de que ésta alcance el IAF crítico (Brougham, 1956).

El raigrás sigue un patrón de crecimiento exponencial hasta 3,5 hojas por macolla. Postergar el pastoreo hasta la etapa de 3,5 hojas por macolla también permite que la planta recupere el nivel de reservas de carbohidratos solubles. La cantidad de MS total de hojas verdes disminuye a partir del estado 3,5 – 4,0 hojas por macolla del ciclo de rebrote como consecuencia del inicio de la senescencia (Fulkerson y Slack, 1995).

La primera hoja en expandirse luego del pastoreo actúa de fosa de carbohidratos solubles en una primera etapa y de fuente de carbohidratos solubles luego de expandirse completamente, aportando a las otras partes de la planta (Williams, citado por Fulkerson y Slack, 1995). Se desprende de esto que el peor momento para pastorear sería antes de la expansión completa de la primera hoja (Fulkerson y Slack, 1995).

En un ensayo realizado por Fulkerson y Slack (1995), el rebrote luego del pastoreo frecuente fue solo el 65% del rebrote del menos frecuente. Esto estaba asociado al más bajo contenido de carbohidratos solubles (2,15 vs. 17,5% en el tallo remanente) y 27 veces menos cantidad de carbohidratos solubles en el remanente. Esta diferencia se debió al efecto combinado de un mayor número y peso de macollos y al mayor contenido de carbohidratos solubles en el remanente de plantas defoliadas con menor frecuencia.

Al someter al raigrás perenne a una intensidad de corte de 5cm cada 2 semanas, el intervalo entre defoliaciones fue tan corto que no permitió reponer las reservas de carbohidratos ubicadas en raíces y pseudotallos usadas para el rebrote, debido a que el área foliar, que es la principal fuente para el proceso de fotosíntesis, no alcanzó su óptimo (Matthew, citado por Velasco et al., 2005).

La defoliación en *Lolium perenne* a 5cm es probablemente la altura óptima para el crecimiento subsecuente. La defoliación a 2cm parece haber sido muy severa para el rebrote, particularmente para plantas con nivel de carbohidratos solubles inicial bajo. El esperado rápido rebrote luego de la defoliación a 12cm no ocurrió. Esto es sorprendente, particularmente porque había una cantidad considerable de área foliar remanente. La inexistencia de efecto puede ser por sombreado del remanente de las macollas nuevas y por el hecho de que el área foliar remanente es fotosintéticamente ineficiente (Jewiss y Woledge, citados por Fulkerson y Slack, 1995).

#### 2.3.4.2 Efectos sobre la producción de materia seca

El crecimiento de una plántula a partir de la semilla y su crecimiento posterior así como el crecimiento de una planta adulta luego de haber recibido un pastoreo o corte, sigue una curva sigmoide. Se pueden distinguir tres etapas claramente diferenciadas: una primera etapa de crecimiento lento, una etapa intermedia de crecimiento rápido y una etapa final de escaso crecimiento (Mc Meeckan, 1961).

Los tiempos de descanso durante la primera etapa de crecimiento lento, resultan demasiado cortos, por lo que ofrecen una baja producción de forraje. Cuando se permite crecer la pastura hasta la etapa intermedia de crecimiento, se logra una mayor productividad durante los tiempos de descanso, los cuales son también variables según la estación del año que se considere. El mayor rendimiento total de una pastura se obtiene si se aprovecha al máximo las ventajas que ofrecen las entregas de forraje en la etapa de crecimiento intermedio, para lo cual la pastura debe ser mantenida, como regla general, en el tramo de crecimiento de rebrote rápido. Realizando pastoreos en dicha etapa, se logra el mejor balance entre la presencia de muchas hojas con alta capacidad de fotosíntesis, una defoliación adecuada con un consumo apropiado por parte de los animales y un porcentaje bajo de material muerto (Carámbula, 2004).

Teóricamente, parecería que podrían obtenerse los máximos rendimientos anuales de forraje permitiendo a las pasturas crecer, repetidamente, en forma ininterrumpida y cosechando inmediatamente antes de que la velocidad de acumulación de materia seca disminuya o se detenga. De esta manera la pastura crecería a una tasa máxima durante el máximo tiempo posible (Langer, 1981).

Para obtener el rendimiento máximo es más importante someter a la pastura a un pastoreo intenso dejando un mínimo de rastrojo, y preservando al mismo tiempo un intervalo prolongado entre períodos de pastoreo. Esto se debe a varios factores, como: el rastrojo consiste en material vegetal más viejo de menor eficiencia fotosintética, y parte del material senesce antes del siguiente corte; el material vegetal muerto o senescente del rastrojo intercepta inútilmente energía luminosa y sombrea las hojas verdes, de manera que se reduce la tasa

de rebrote; la iniciación de macollos también se enlentece mediante este sombreado (Langer, 1981).

Heitschmidt (1984) 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 períodos de descanso, generando mayores producciones de forraje por hectárea en pastoreos rotativos, al ser comparados con continuos.

Brink, citado por Olmos (2004) reportó en *Trifolium repens*, una reducción en la cantidad de materia seca por hectárea de estolones usando diferentes variedades, al comparar una altura de corte de 2,5cm con 10cm.

Para el primer año de vida de una pradera compuesta por las especies mencionadas anteriormente, la producción de materia seca aumenta conforme aumenta la asignación de forraje hasta un máximo de 12524 kg/ha cuando la asignación es de 8,0% PV, luego de la cual decrece. Al aumentar la asignación de forraje hasta 8%, el crecimiento aumenta con incrementos decrecientes. Los mayores incrementos se dan en el tramo comprendido entre 2,0% y 4,5% de PV. Desde 4,5% de PV hasta el punto de máxima producción los incrementos son marcadamente menores. Con asignaciones mayores al punto máximo hay una disminución creciente en el crecimiento <sup>1</sup>.

En una evaluación realizada de cultivares de raigrás, para el cultivar Horizon, de *Lolium perenne* se encontraron producciones anuales de materia seca entre 9000-12000 kg para asignaciones que varían entre 2,5 y 10% de peso vivo. La mayor producción de la mezcla compuesta por *Trifolium repens*, *Lotus corniculatus* y Horizon fue debida al aporte de este último y fundamentalmente al excelente comportamiento estival de *Lotus corniculatus*. 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).

#### 2.3.4.3 Efectos sobre la utilización del forraje

La utilización de la pastura depende de la frecuencia y severidad de defoliación, así como también de las características estructurales de la misma. Cuando el intervalo de defoliación es superior a la vida media foliar, una mayor proporción de material verde puede perderse por senescencia y la diferencia entre la producción primaria y la cosechable aumenta. El manejo que se haga de la pastura interactúa con la morfogénesis y las características estructurales de la pastura determinando la fracción cosechable de la misma. Esto es importante para establecer estrategias de pastoreo, considerando el intervalo de aparición foliar y el número de hojas vivas por macollo, y teniendo en cuenta el tiempo de descanso óptimo para cada especie en particular (Chapman y Lemaire, 1993).

Otras formas de definir la utilización de pasturas es considerando como referencia a la presión de pastoreo en relación con la carga animal, alcanzando su óptimo cuando se equilibran las ganancias por animal y por hectárea, determinando así la capacidad de carga de la pastura (Euclides et al., 1995).

La eficiencia de utilización de forraje en un sistema de pastoreo puede ser definida como la proporción del tejido foliar producido que es removido por los animales antes de entrar en el estado de senescencia (Chapman y Lemaire, 1993).

A IAF altos, no solo baja la productividad neta sino también la utilización del forraje, debido a que el consumo disminuye por la presencia de material senescente (Hodgson et al., citados por Gastal et al., 2004).

Cuando la pastura se encuentra en estado vegetativo y se trabaja con dotaciones bajas con manejo continuo o cuando se permite acumular forraje en forma excesiva bajo un manejo rotativo, es posible observar la pérdida de cantidades importantes de materia seca, especialmente en aquellos períodos de abundancia de forraje. En este sentido, todo tejido que llega al punto de envejecimiento (senescencia) es efectivamente una pérdida para el sistema (Hodgson, citado por Carámbula, 2004).

Pastoreos severos favorecen la utilización del forraje ofrecido, pero provocan descensos en la producción debido a una menor área fotosintéticamente activa. Por el contrario, en pastoreos muy aliviados, si bien se hace máxima la producción de forraje, una considerable proporción del alimento utilizable por los animales es desperdiciada (Fulkerson y Slack, 1995).

Es observada una disminución en la utilización de forraje a medida que aumenta la asignación. La eficiencia de utilización, al igual que el forraje desaparecido, está determinada por la relación entre la cantidad de forraje ofrecido a los animales y la capacidad de consumo de los mismos. También por características de la pastura como la composición botánica, las cuales a su vez son influenciadas por el régimen de pastoreo <sup>1</sup>.

La utilización de forraje es superior en los tratamientos de mayor intensidad de pastoreo (2,0 % PV), con una mayor cantidad de forraje consumido entre 4.5 y 7,0 % de PV, determinando un menor remanente y una mayor pérdida de plantas y enmalezamiento en el tratamiento de 2,0 % de PV. La producción de carne/ha disminuye con la disminución en la intensidad de pastoreo, mientras que la ganancia individual sigue un comportamiento inverso, sin existir efecto de la suplementación en el producto animal obtenido (Zanoniani et al., 2008).

#### 2.3.4.4 Efectos sobre la morfología y la estructura

Sin lugar a dudas, el pastoreo incide directamente sobre la morfogénesis de las especies que integran las comunidades vegetales. Esta incidencia depende básicamente de la especie animal y de la carga que soporta la pastura. La defoliación provoca una disminución en el largo de las hojas en el caso de que el corte ocurra en la vaina, pero no tiene un efecto significativo cuando ocurre en la lámina (Grant et al., 1981).

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 el 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, citado por García et al., 2005).

La distribución vertical de una pradera de *Lolium perenne*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, medida en porcentaje por hectárea de materia seca total por estrato en el disponible no muestra diferencias entre tratamientos de diferentes intensidades de pastoreo, no siendo así para el caso del remanente en donde sí se encontraron diferencias. Esto podría estar indicando que mediante el manejo de la frecuencia del pastoreo es posible evitar las diferencias en estructura vertical que se generan en el tapiz luego del pastoreo debido a intensidades diferenciales <sup>2</sup>.

Los parámetros morfogenéticos: tasa de expansión foliar, vida media foliar y tasa de aparición foliar determinan otros componentes de la estructura de la pastura como es el caso de el tamaño foliar maduro, el número máximo de hojas verdes por macollo individual y el número potencial de macollos (Chapman y Lemaire, 1993).

El pastoreo afecta la población de macollas presentes por metro cuadrado en una pastura. Se ha sostenido en el tiempo que el proceso de macollaje disminuye con la intensidad de pastoreo; no obstante cuando las condiciones ambientales son favorables, éste en general afecta poco dicho proceso (Carámbula, 2004). La tasa de macollaje aumenta con la intensidad de defoliación de la pastura (Grant et al., 1981).

El aumento en la tasa de macollaje debido al uso más intenso y frecuente de la pastura es consecuencia de un cambio en el ambiente que rodea a la planta, provocado principalmente por el corte de plantas vecinas. El corte de la pastura permite un ambiente lumínico en la base de la misma más favorable (mayor relación rojo/rojo lejano) para la aparición de macollos (Brancato et al., 2004). En la pastura durante el rebrote, se ve un incremento inicial del número de macollos enseguida del pastoreo, para después disminuir aumentando el tamaño de éstos (Hodgson, citado por García et al., 2005).

En pasturas densas la tasa potencial de aparición de macollos solo es alcanzada cuando el IAF de la pastura es bajo, debido a que la tasa de aparición de macollos disminuye a medida que el IAF aumenta y se detiene para valores de IAF mayores a 3-4 en *Lolium perenne* (Simon y Lemaire, 1987).

---

<sup>2</sup> Fernández Gutierrez, M.; Nava Ferreira, M. P. 2008. Efecto de la asignación de forraje y suplementación sobre la estructura y composición botánica de una pastura mezcla (sin publicar).

Se debe tener en cuenta que la base de la pastura reciba luz mediante pastoreos severos, para estimular la actividad de las yemas axilares y aumentar la densidad de las pasturas. Dichos cortes deberían hacerse en épocas de rápido crecimiento vegetativo siempre que las condiciones ambientales sean favorables. La mayor densidad de plantas de *Lolium perenne* se alcanzó a intervalos de defoliación de 29 días. La reducción en la densidad de plantas de raigrás, se hizo mayor a medida que se hacían más largos de 29 días los descansos, lo que podría reflejar la inhibición del macollaje debido a los niveles de luz debajo del denso canopeo, en éstas parcelas. Una reducción en la densidad, en los tratamientos con descansos menores a 29 días, se cree que es producto de la incapacidad de las plantas defoliadas frecuentemente de mantener una adecuada área foliar para acumular los carbohidratos de reserva necesarios y sustentar un fuerte sistema radicular. La altura remanente, aparentemente no tuvo efecto en la sobrevivencia de las plantas, por lo tanto no se detectó una interacción “días de descanso por altura del remanente” (García et al., 2005).

El pastoreo frecuente bajó sustancialmente el peso medio de macollas y el crecimiento radicular. Se ha citado que el macollaje es más rápido una vez alcanzado un techo de 3,5 hojas por macolla, tanto bajo corte como bajo pastoreo. El alto nivel de carbohidratos solubles en este estado de crecimiento evidentemente promueve la iniciación de nuevas macollas. Esta hipótesis concuerda con observaciones de una relación positiva entre el nivel de carbohidratos solubles en las vainas de festuca, el macollaje y peso de macollas. Finalmente, una defoliación más frecuente puede haber reducido el crecimiento de las hojas al retrasar el crecimiento radicular (Fulkerson y Slack, 1995).

Las defoliaciones frecuentes y severas llevan a las plantas a desarrollar hojas con vainas más cortas, cuyas lígulas están posicionadas justo debajo del nivel del corte y cuya lámina se vuelve más horizontal, llevando al tapiz a mantener material de hoja verde por debajo del horizonte de pastoreo. Esta respuesta de la planta es totalmente reversible, cuando cesa la defoliación o cuando se vuelve menos frecuente. El largo de las vainas de las hojas sucesivas aumenta gradualmente y alcanza su valor inicial, acompañado por láminas más largas y más erectas (Lemaire, 1997).

Bajo regímenes severos de defoliación, la tasa de aparición de nudos y el crecimiento de las yemas axilares, se reduce drásticamente y aumenta la

mortalidad de plantas, afectándose en mayor medida el desarrollo de las yemas reproductivas, respecto a las yemas vegetativas (Hay y Newton, citados por Olmos, 2004).

En condiciones de pastoreo en áreas rechazadas por el ganado, el ambiente lumínico cambia a medida que la pastura crece, afectando negativamente el crecimiento del trébol blanco. Este cambio podría ser consecuencia de una reducción en la radiación fotosintéticamente activa y la calidad de la luz. Luego de una defoliación en las áreas rechazadas, se registró un incremento en la ramificación, en el crecimiento de las yemas axilares y en el número de hojas por rama (Teuber y Laidlaw, 1996).

Un tamaño reducido de planta puede no solo afectar negativamente la productividad de la misma, sino también su sobrevivencia. Bajo regímenes severos de defoliación, el tamaño de la hoja disminuye y esto puede llevar a una menor eficiencia de la hoja (Brougham, 1956), terminando en un menor tamaño de planta la cual puede ser extremadamente afectada por la competencia de gramíneas en los períodos secos.

En trébol blanco a medida que el intervalo de cortes se incrementa, se registra una tendencia a destinar una mayor cantidad de recursos a los estolones que a las hojas (Fisher y Filman, citados por Olmos, 2004). Por su parte Filman y Acuña, citados por Olmos (2004) registraron un área foliar reducida, un menor largo de pecíolo y un menor largo de entrenudo cuando se disminuyó la altura de corte.

Cargas bajas acompañadas de largos períodos de descanso reducen la densidad del tapiz, al aumentar la altura de las plantas por consecuencia de un alargamiento de los entrenudos. A la inversa, cargas altas y períodos de descanso cortos aumentan la densidad de hojas, principalmente en los estratos inferiores (0-15cm), así como aumenta la cantidad de material muerto (Brancato et al., 2004).

Avendaño et al. (1986) trabajando sobre una pradera naturalizada, encuentra que las gramíneas de porte alto fueron preferidas y defoliadas en mayor grado durante el pastoreo, lo que estaría dado por su mayor aporte en los estratos superiores. Asimismo no observaron diferencias en la presencia de

especies de porte bajo a diferentes presiones de pastoreo, siendo esto un indicativo de su gran adaptación a diferentes tipos de manejo. Estos tratamientos provocaron en consecuencia que la concentración de materia seca en el estrato inferior del tapiz (0-5cm.) representara un 87% para los manejos de mayor intensidad de pastoreo y un 67% para los de menor intensidad.

#### 2.3.4.5 Efectos sobre la composición botánica

Existe un efecto directo de la frecuencia e intensidad de pastoreo sobre la composición botánica de la pastura, al tener efectos, por ejemplo, sobre la morfología de las especies (Heitschmidt, 1984).

Cambios detectables en la composición botánica debido a cambios en el manejo son lentos en ocurrir, mientras cambios en la estructura vertical de la pastura son evidentes en menor tiempo (Barthram et al., 1999).

Una mayor concentración para el estrato inferior se puede encontrar cuando hay intensidades de pastoreo altas (2,0% PV) generando una mayor proporción de plantas enanas con hojas más pequeñas y ecotipos mas postrados de la misma especie desarrollando pasturas de porte mas postrado en donde la mayor cantidad de materia seca se encuentra en los estratos inferiores (0 a 5cm y 5 a 10cm). En contrapartida intensidades de pastoreo bajas (7,0 y 9,5% PV) presentaron una distribución de la materia seca total en porcentaje por hectárea más homogénea generando un tapiz más erecto. Esto se explica ya que en estos tratamientos las plantas desarrollaron hojas con vainas y láminas más largas y erectas <sup>2</sup>.

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 se produce un decremento en las producciones animales, mientras que al aumentar la contribución de las leguminosas en detrimento de las gramíneas se incrementan 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, 2004).

En algunos casos, el manejo aliviado del pastoreo mostró resultados diferentes. Johns (1974) reportó que un incremento en la altura de corte (5 a 9cm) reducía el contenido de trébol blanco en la pastura a causa de un incremento en el tamaño del área rechazada por los animales, aumentando el sombreado y reduciendo la ramificación. Cuando el régimen de defoliación es más frecuente se obtiene un mejor rendimiento por parte del trébol blanco. Por otra parte, la utilización frecuente de la pastura resultó en rendimientos menores de materia seca, invasión mayor de malezas y más espacios vacíos (Gardner et al., citados por Olmos, 2004).

La frecuencia de corte tuvo efectos sobre la relación trébol blanco/raigrás perenne durante el rebrote. El mismo fue significativamente mayor con cortes más frecuentes (Elgersma y Nassiri, 1998a). Los períodos de descanso prolongados y un crecimiento vigoroso de la gramínea producen mayores rendimientos de materia seca pero deprimen a los tréboles más que los períodos de descanso más cortos (Langer, 1981). Por otra parte Fisher y Wilman, citados por Elgersma et al. (1998b), comparando frecuencias de corte en un rango entre 1 y 6 semanas, se mostró que mayores intervalos entre cortes resultaron en mayores rendimientos de forraje sin una reducción en el contenido de trébol blanco.

Bryant y Thom (1993) reportaron que existía el doble de contenido de trébol blanco en pasturas pastoreadas en rotaciones rápidas comparadas con rotaciones lentas, para mediciones en noviembre y diciembre. Las variaciones estacionales observadas en este trabajo sugieren cambios en el contenido de trébol blanco y otras especies en la pastura, en respuesta a rotaciones rápidas.

Las especies que crecen rápido para ubicar las hojas en los estratos superiores del canopeo de la pastura pueden fotosintetizar más eficientemente y sombrear a las plantas vecinas (Huthings y de Kroon, 1994). Cualquier diferencia entre especies en la respuesta de la expansión foliar al bajo suministro de nitrógeno y a cambios en el patrón de defoliación puede ser importante en determinar la capacidad competitiva de las plantas y de esta manera la composición botánica de praderas manejadas en forma extensiva. El rebrote rápido de las hojas y su posicionamiento en las partes más altas del

canopeo aumentan el riesgo de ser removidas por el pastoreo, y de esta manera aumentar la pérdida de nutrientes de las plantas (Briske, 1996).

A bajas asignaciones de forraje (2,0%) se ven perjudicados los componentes de una mezcla compuesta por raigrás perenne, trébol blanco y *Lotus corniculatus*. Las especies erectas (*Lotus corniculatus* y *Lolium perenne*) vieron limitado su crecimiento debido a un pastoreo muy intenso. Consecuentemente el rebrote es lento por el hecho de que el área foliar remanente es escasa, con predominancia de vainas de baja actividad fotosintética, no habiendo un tiempo de descanso apropiado que permita a las plantas crecer a tasas altas por un tiempo suficiente. Para el caso del trébol blanco, de porte rastrero, si bien se adapta a pastoreos intensos, su crecimiento se vio perjudicado con pastoreos severos, determinando una producción de forraje menor al óptimo <sup>1</sup>.

#### 2.3.4.6 Efectos sobre la persistencia

La vida de una pastura depende del manejo que ella recibe en el primer año de vida. Si los pastoreos se efectúan demasiado seguidos, las pequeñas plantas no acumulan reservas en sus órganos subterráneos y llegadas las épocas en que los suelos poseen insuficiente humedad, muchas de ellas morirán rápidamente (Carámbula, 2004).

Las reservas de carbohidratos resultan ser determinantes de la resistencia a las temperaturas frías del invierno y a las temperaturas altas al avanzar la primavera hacia el verano. De ello se deduce que cualquier manejo de pastoreo inicial de las plántulas que promueva bajas cantidades de reservas de carbohidratos solubles, conducirá a poblaciones ralas y débiles (Carámbula, 2002).

Cualquier factor que retarde el crecimiento radicular arrastra el efecto al crecimiento del resto de la planta, debido a la restricción que provoca en la absorción de agua y nutrientes y podría impactar en la sobrevivencia de las plantas (Donaghy y Fulkerson, 1998).

Si se realizan cortes o pastoreos durante la época de floración en gramíneas perennes, se estará controlando severamente el desarrollo de las inflorescencias y los efectos nocivos que acompañan a este proceso desaparecen, por lo que la pastura se recuperará fácilmente debido a un macollaje continuo. Esto permite el crecimiento vigoroso de las macollas vegetativas existentes y la aparición de nuevas macollas, lo que podrá asegurar la supervivencia de un número suficiente de ellas a través de sistemas radiculares amplios, tan necesarios para garantizar un buen rebrote y por consiguiente un buen potencial para los meses siguientes (Carámbula, 2002).

Los sobrepastoreos en invierno afectarán indefectiblemente el crecimiento de las raíces a fines de esta estación al impedir la previa acumulación de reservas en los órganos más perecederos de las plantas. Dicho sobrepastoreo, principalmente a través del pisoteo, no solo afecta la parte aérea de las plantas, sino también sus sistemas radiculares a través del compactado excesivo que provoca la pezuña en el suelo. Como consecuencia de esto, se produce una menor aireación y una menor velocidad de infiltración del agua (Edmond, citado por Carámbula, 2004). A su vez, cuanto más arcilla posean los suelos en su textura, más evidente se presentara la citada compactación al ser estos humedecidos (Carámbula, 2004).

Cuando la movilización desde órganos aéreos es insuficiente, puede ocurrir movilización de asimilados desde la raíz, principalmente de compuestos nitrogenados. Dicha movilización puede provocar una disminución o hasta el cese del crecimiento de la raíz, y puede en algunos casos provocar senescencia en la raíz (Gastal et al., 1992).

Es posible afirmar que con pastoreos aliviados se obtienen ventajas por el efecto "mulch" de la vegetación, tales como posibilidades para disponer de más agua en el suelo. Estos a su vez promueven desventajas por un incremento en el proceso de transpiración. Con los pastoreos intensos se obtienen ventajas por decrementos en el proceso de transpiración pero desventajas por incrementos en la evaporación y el escurrimiento (Carámbula, 2004).

Para el caso del raigrás, el momento y frecuencia de defoliación también afectan su habilidad competitiva, por lo tanto, afectan su persistencia (Camlin, 1982). La perennidad del raigrás perenne depende de su capacidad para reemplazar macollas muertas y en menor medida de la propagación por semilla

(Colvill y Marshall, Marshall, citados por Donaghy y Fulkerson, 1998). La regeneración de macollas es particularmente importante en los subtrópicos, en donde la reproducción por semilla de los cultivares es mínima. De esta manera, la defoliación frecuente e intensa de raigráses perennes perjudica la sobrevivencia de las plantas ya que al disminuir las reservas de carbohidratos solubles en agua, se retarda el proceso de iniciación de nuevas macollas y aumenta la muerte de las macollas más jóvenes (Donaghy y Fulkerson, 1998).

El menor sistema radicular que resulta de pastoreos frecuentes presumiblemente pondría a las plantas en riesgo de ser arrancadas por los animales durante el pastoreo. En este ensayo, al pasar de intervalos de 28 a 14 días desde fines de invierno a otoño, las pérdidas de plantas arrancadas fueron 7 y 17 % del total de plantas perdidas, respectivamente (Donaghy y Fulkerson, 1998).

Desde una perspectiva del manejo del pastoreo, este estudio confirma que al defoliar en el estado de 3 hojas por macollo y dejando un remanente de alrededor de 5 cm. de altura, se optimiza la persistencia y la productividad del raigrás perenne. Al pastorear de esta manera, ocurre una más rápida recuperación del nivel de carbohidratos solubles y una mayor proporción de los mismos es destinada a mantener un sistema radicular activo y se favorece el macollaje (Donaghy y Fulkerson, 1998).

#### 2.3.4.7 Efectos sobre la calidad

A medida que las plantas avanzan en su ciclo y pasan del estado vegetativo a reproductivo, las hojas, principal componente de calidad, contribuyen en una menor proporción al rendimiento de materia seca digestible. A su vez los tallos y las inflorescencias aumentan su presencia en forma progresiva, por lo que dado su menor valor nutritivo, la calidad de la pastura desciende en un todo (Carámbula, 1997).

De acuerdo con la información disponible se puede afirmar que el mayor potencial nutritivo de las leguminosas sobre las gramíneas se debería a que las primeras poseen menor concentración de pared celular, mayor densidad de liquido ruminal, una digestibilidad más rápida de la materia seca y por

consiguiendo menor tiempo de retención de la ingesta, lo que conduce a un mayor consumo (Carámbula, 2004).

Debido al cambio en la relación hoja/tallo, un sistema de cortes frecuentes produce forraje con mayores niveles de proteína y extracto etéreo, pero menores niveles de fibra cruda, que los cortes menos frecuentes. Cuando las pasturas son cortadas o sometidas a pastoreo con frecuencia, la energía bruta permanece notablemente constante durante toda la estación. En pasturas no cortadas, hay un aumento en la energía bruta hacia la madurez (Langer, 1981).

Pastoreos poco 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 (Langer, 1981).

Para que una pastura mantenga una alta calidad, el manejo del pastoreo debe favorecer la presencia de porcentajes elevados de hojas verdes a lo largo de todo el año. Este estado de las hojas permitirá alcanzar porcentajes de digestibilidad comprendidos en un rango de 65 a 75%, dado que el alto contenido de hojas está relacionado básicamente con la presencia de poca pared celular (hemicelulosa, celulosa, y lignina) y alto contenido celular (azúcares, proteínas, lípidos y minerales) (Munro y Walters, 1986).

Otro aspecto que se debe tener en cuenta es el balance cantidad versus calidad, recordando que el máximo rendimiento de materia seca digestible se obtiene a menores valores que el máximo rendimiento de materia seca total (Carámbula, citado por Baldi et al., 2001).

El valor alimenticio del raigrás perenne ofrece un alto nivel a través de toda la vida de la planta, aunque éste presenta cambios estacionales de digestibilidad, siendo su apetecibilidad máxima a principios de primavera, decayendo gradualmente hasta alcanzar su nivel más bajo en algún momento del verano, coincidiendo con el máximo desarrollo de fibra (Alrich y Dent, citados por Langer, 1981). Inclusive, en ésta última etapa los tallos no disminuyen su calidad tan rápidamente como en otras especies, manteniendo el valor alimenticio de la pastura (Betín, 1975).

La alta palatabilidad y la presencia de carbohidratos solubles están relacionados con el número de cromosomas que posee cada cultivar. En los cultivares tetraploides este contenido de carbohidratos solubles es mayor, habiendo entonces mayor palatabilidad y aceptación por parte del animal (Barclay y Vartha, citados por Langer, 1981).

### 2.3.5 Efectos del pastoreo sobre la performance animal

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, 1962).

Cuando la carga es baja, la producción por animal es alta. Aumentos sucesivos en la carga provocan a partir de determinado momento, disminuciones en la ganancia individual. Esto se debe a que el forraje disponible comienza a limitar el consumo por animal y a incrementar la actividad del pastoreo por unidad de forraje consumido. 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 (Mott, 1960). 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 (Mott, 1960).

A medida que se disminuye la presión de pastoreo hay un aumento en el producto animal expresado como promedio de aumento diario de peso (Blaser et al., Riewe, citados por Cubillos y Mott, 1969). Esto significa que hay una correlación negativa entre la carga animal y la ganancia por individuo y se debe a que al disminuir la carga aumentan las posibilidades de selección de un forraje de mayor valor nutritivo. Los sistemas intensivos de pastoreo fuerzan la ingestión de fracciones con baja digestibilidad, lo que repercute en la producción animal (Cubillos y Mott, 1969).

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 raigrás

perenne y trébol blanco. Bianchi (1982), encontró una relación lineal entre la altura del forraje rechazado y la ganancia diaria de terneros pastoreando una pradera de leguminosas y gramíneas.

También se desprende de estudios realizados sobre la relación planta-animales en pastoreo que la estructura de la pastura no altera solamente la productividad de la misma sino que también determina la utilización del forraje, en conjunto con el comportamiento animal (Hodgson, 1990).

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 tasa de bocados (bocados/minuto) y el peso de cada bocado individual (gramos) (Allden y Whittaker, 1970).

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).

Cuando la disponibilidad de forraje es muy baja, el tamaño de bocado es reducido, y los animales se ven obligados a aumentar el tiempo de pastoreo (Freer, 1981). El aumento en la actividad de pastoreo trae como consecuencia un mayor gasto de energía que puede traducirse en diferencias muy importantes de ganancia de peso, aún con igual consumo de forraje de similar digestibilidad (Kemp y Dowling, 2000).

Las características del forraje (relación hoja/tallo, porcentaje de material muerto, altura, densidad ( $\text{g/cm}^3$ )) determinan la proporción y cantidad del alimento disponible que es consumido por el animal. El animal en pastoreo, dentro del forraje disponible selecciona generalmente una dieta compuesta principalmente de material verde, aún cuando la disponibilidad del tapiz sea baja (Hudson et al., 1977).

Guerrero (1984), encontró que con asignaciones similares, las pasturas con mayor digestibilidad permiten obtener ganancias diarias más altas. Las características de la pastura (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 de energía del animal para lograr ese consumo.

Al ofrecer al animal pasturas que contengan en cantidades suficientes sus especies y fracciones favoritas, se logran mejores performances, tendencia que es revertida a medida que aumenta la presión de pastoreo. Altas cargas disminuyen la posibilidad de seleccionar las fracciones más apetecidas (Minson, Miñon et al., citados por Almada et al. <sup>1</sup>). En el pastoreo selectivo se realiza un consumo diferencial de especies y parte de las plantas disponibles. Al seleccionar éstas partes el animal consume el forraje de mayor contenido de proteína cruda, digestibilidad y palatabilidad dentro del tapiz, observándose en consecuencia un incremento en el consumo a menor presión de pastoreo (Hodgson et al., 1971).

Cuando se utiliza un sistema de pastoreo rotativo, 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 período ellos se ven forzados a consumir el forraje más maduro y menos digestible (Cubillos y Mott, 1969).

En las primeras horas de pastoreo todas las asignaciones experimentan una caída abrupta en cuanto a su altura, pudiendo explicarse por el ingreso a la nueva franja, donde el comportamiento de los animales es de pastorear más intensamente. En los tratamientos de baja asignación ocurre una caída abrupta de la altura en las primeras tres horas de pastoreo, manteniéndose constante hasta el final, lo cual indica que para estas asignaciones no resultaría conveniente mantener los animales por un mayor período de tiempo ya que luego de las tres horas de pastoreo desaparece el forraje disponible perjudicándose a la pastura con el pisoteo animal. En las asignaciones más altas se experimentan dos caídas con una pendiente mas leve (a las tres y a las seis horas) lo cual indica que el pastoreo se realiza en dos etapas pastoreando primero un horizonte superior para luego pasar a cosechar de un estrato

inferior, en este caso sería lógico que el animal permaneciera por un período mayor de tiempo.<sup>2</sup>

Cuando la disponibilidad de forraje se vuelve limitante en un sistema de pastoreo en franjas o rotacional, el tiempo de pastoreo puede disminuir (Jamieson y Hodgson, Le Du et al., Baker et al., Walker y Heitschmidt, citados por Krysl y Hess, 1993). Jamieson y Hodgson, Walker y Heitschmidt, citados por Krysl y Hess (1993) sugirieron que la disminución del pastoreo asociada a una disponibilidad de forraje limitante puede ser un comportamiento condicional, por el cual los animales balancean la dificultad de prensión del forraje con la anticipación de ser movidos a una nueva pastura. El tiempo de pastoreo puede en realidad aumentar durante el primer día en la franja debido a la actividad exploratoria, que puede durar entre 24 y 72hs (Arnold y Dudzinski, Gluesing y Balph, Anderson y Urquhart, Senft, citados por Krysl y Hess, 1993).

## 2.4 PRODUCCIÓN ANIMAL

### 2.4.1 Introducción

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 digestibilidad (Raymond, 1964).

La intensidad de pastoreo está directamente relacionada con la ganancia de PV 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).

### 2.4.2 Relación entre consumo – disponibilidad – altura

Varios autores coinciden en la existencia de una relación positiva entre la disponibilidad de forraje y el consumo del animal en pastoreo (Chacon et al.

1978, Jamieson y Hodgson 1979, Dougherty et al. 1989, Greenhalgh et al. 1996). En diferentes trabajos se constató la existencia de una relación positiva entre ganancia diaria de PV y disponibilidad de forraje (Chacon et al. 1978, Marsh 1979, Jamieson y Hodgson 1979).

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. Waldo (1986) encontró que la productividad de un animal dada cierta dieta, depende en mas 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.

Hodgson et al. (1977) estimaron que el consumo de novillos en una pastura de raigrás perenne se deprimía por debajo de los 2000kg MS/ha cortados al ras del suelo. Minson, citado por Dougherty et al. (1989) sugiere que el consumo de forraje de gramíneas templadas se comienza a restringir cuando la disponibilidad de las mismas es menor a 1000 kg MS/ha.

En cuanto a la altura de la pastura diversos autores concluyen que es un importante determinante de la performance del ganado de carne (Jamieson y Hodgson 1979, Morris et al. 1993). La altura de la planta de raigrás está altamente correlacionada y en forma positiva con la disponibilidad (Hodgson, 1981).

Hodgson et al. (1971) concluyeron que la ganancia de peso sobre raigrás esta mas estrechamente relacionada con la disponibilidad del rechazo que con la altura de forraje pastoreado. La ganancia de PV fue disminuida cuando la cantidad de forraje después del pastoreo fue menor a 2000 - 2500kg MS/ha. En el rango de 1800 - 2000kg MS/ha de rechazos, se dan buenas posibilidades de selección y no existen limitaciones al consumo. Disponibilidades menores llevarían a disminuciones en el consumo y calidad de la dieta (Risso y Zarza, 1981).

Ha sido reportado que una baja altura de rechazo presenta una elevada proporción de material muerto y tallos con alto contenido de carbohidratos estructurales y menor digestibilidad, redundando en una disminución del consumo voluntario y en la calidad de la dieta de los animales en pastoreo.

Como consecuencia de lo anterior, las ganancias de PV de los animales que dejan rechazos de baja altura serán inferiores a aquellos animales retirados de la pastura con una mayor altura del forraje residual (Blaser et al., Tayler, Blaser et al., Nicol, citados por Bianchi, 1982).

En pasturas en estado vegetativo o con tallos reproductivos pequeños, el tamaño de bocado se incrementa al incrementarse la altura (Forbes 1988, Arias et al. 1990); siendo este el principal componente del comportamiento ingestivo en pastoreo que influye en el consumo (Mursan et al., 1989).

#### 2.4.3 Relación asignación de forraje – consumo

La asignación de forraje (kg MS/100 kg PV) es uno de los factores más importantes que afectan el consumo en pasturas y uno de los más manejables cuando se pretende realizar un manejo de pastoreo (Hodgson, 1984). Según Cardozo, citado por Almada et al.<sup>1</sup>, la dotación juega un rol importante tanto en la utilización del forraje como en la vida productiva de la pastura.

Hodgson (1984), afirma el concepto que el consumo de materia seca disminuye marcadamente cuando la asignación de forraje es menor que el doble del consumo potencial pero no apoya la idea de que el consumo se acerca a un máximo cuando la asignación es tres a cuatro veces mayor al consumo.

Pastoreando al 2,0% de asignación, se obtuvo la ganancia de peso por hectárea más alta, con buenas ganancias por animal. Sin embargo la misma se realizó a un alto costo de la productividad de la pastura, ya que ésta presentó la menor producción de forraje y la mayor proporción de suelo descubierto, producto del alto pisoteo, al finalizar el experimento, lo que compromete su productividad futura. La utilización de asignaciones entre 4.5 y 6 % permitirían una adecuada ganancia por animal y por hectárea y un buen comportamiento de la pastura que no pondría en riesgo su persistencia futura.<sup>1</sup>

Según Dougerthy, citado por Almada et al.<sup>1</sup>, la tasa de consumo de materia seca se incrementa hasta asignaciones de aproximadamente 10kg MS/ 100Kg.

PV. Posteriores incrementos en la asignación no provocan aumentos en la tasa de consumo. Reducciones en el consumo a bajas asignaciones de forraje resultan de un incremento en la dificultad de aprehensión e ingestión del forraje (Jamieson y Hodgson, 1979). Si los factores intrínsecos al animal no son limitantes, la producción por animal y por hectárea está determinada fundamentalmente por las variaciones en disponibilidad, calidad y valor nutritivo de las pasturas (Allegri, 1982).

Al aumentar la carga, la ganancia individual disminuye a causa de una menor selectividad del forraje y menor disponibilidad de MS por animal. Sin embargo la producción por hectárea aumenta y la máxima productividad por hectárea se logra con ganancias de peso individuales menores a las que se logran a bajas cargas (Greenhalgh et al., 1966)

Dalley et al. (1999), ha encontrado que aplicando diferentes asignaciones existen cambios en la calidad de lo que el animal consume, debido a una mayor o menor posibilidad de selección. En términos generales a altas asignaciones, Wales et al. (1998), encontraron que los animales seleccionaron consistentemente dietas con mayor cantidad de proteína cruda y menor nivel de fibra detergente neutro en relación a bajas asignaciones.

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 digestibilidad (Raymond, 1964). Una baja producción de carne puede ser consecuencia de una baja calidad o cantidad de forraje consumido debido a un elevado número de animales por unidad de superficie; pero también puede aparecer en condiciones de forraje abundante y alta calidad siendo éste pastoreado a una baja carga (Elizalde, 1999). Por lo tanto, la producción animal es la consecuencia de la producción de forraje, eficiencia de cosecha, calidad del alimento y eficiencia con que ese alimento es convertido en producto animal (Gómez, 1988), en tal sentido el consumo y selectividad animal bajo pastoreo tiene una importancia fundamental en determinar la productividad y la eficiencia global de los sistemas pastoriles (Hodgson, 1990).

La mejora de la producción por hectárea debido a aumentos de la carga animal se puede atribuir a una mejor utilización del forraje producido (Viglizzo,

1981). Parsons et al., citados por Cangiano et al. (1996) proponen que en pasturas pastoreadas intensamente el factor dominante es la disminución en el crecimiento de forraje; en tanto en pasturas pastoreadas con baja intensidad, lo que domina es el bajo aprovechamiento del forraje producido, disminuyendo linealmente la utilización del mismo.

Dalley et al. (1999), plantean que la composición de forraje consumido bajo pastoreo puede variar considerablemente de la del ofrecido debido a la selección que los animales muestran respecto a la fracción hoja y también del material verde sobre el muerto. La selección se ve alterada con el tipo de pastura, volumen de forraje pre pastoreo, asignación de forraje y presión de pastoreo.

La respuesta en ganancia de PV por animal frente a variaciones en la presión de pastoreo ha sido descrita de dos formas: a) respuesta decreciente en ganancia de PV frente a nuevos incrementos en la presión de pastoreo (Mott, 1960); b) relaciones lineales, con disminuciones constantes frente a incrementos uniformes en la presión de pastoreo (Jones y Sandland, 1974).

La relación entre la cantidad de alimento ajustada por animal y la ganancia diaria presentan una relación casi lineal cuando la cantidad de forraje es restringida (Petersen et al., citados por Almada et al.<sup>1</sup>).

En un experimento realizado por Marsh (1979) sobre una pastura de raigrás perenne y trébol blanco se concluyó que trabajando con asignaciones de 3.0, 4.5, 6.0 y 7.5 % del PV, había respuestas lineales en ganancia individual, mientras que trabajando con asignaciones de 5.0, 7.5, 10.0 y 12.5% del PV, las respuestas en ganancia de PV fueron curvilíneas, encontrándose pequeñas respuestas por encima de una asignación del 10,0% del PV.

Por otra parte, Carriquiry et al. (2002), obtuvieron producciones de carne por hectárea de 107 y 83 kg/há para 2,5% y 5,0% de asignación de forraje, respectivamente. Bartaburu et al. (2003) a su vez, obtuvieron valores de 214 y 150 kg/ha para 2,5% y 5,0% de asignación, respectivamente. Mientras que en el ensayo llevado a cabo por Damonte et al. (2003), se obtuvo una producción de carne de tan solo 9,3 y 62,2 kg/há para 2,5% y 5,0% de asignación

respectivamente. Las diferencias encontradas entre estos experimentos podrían deberse a las mayores GMD y cargas registradas en estos experimentos.

Como contrapartida, Almada et al.<sup>1</sup> obtuvieron producciones de carne de hasta 1200 kg/há a una asignación del 2,0% del PV, sobre una pradera de primer año de *Lolium perenne*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, que difiere con los experimentos anteriores en el componente gramínea de la pradera, siendo este en los anteriores *Festuca arundinacea*. Por otro lado, para las asignaciones de 4,5%, 7,0% y 9,5% del PV, obtuvieron aproximadamente 900, 700 y 500 kg/há de carne, respectivamente.

En cuanto a la ganancia por hectárea la mayoría de los investigadores coinciden que la relación entre la producción por hectárea y el aumento en la presión de pastoreo es curvilínea. El modelo lineal predice que valores de ganancia por animal negativos ocurrirán a cargas mayores al doble que la carga óptima a diferencia del modelo de Mott que predice que esto pasará con un 50% más de animales por encima de la carga óptima.

## 2.5 HIPÓTESIS

A altas asignaciones mayor será la disponibilidad de forraje y el remanente luego del pastoreo. Esto estaría determinado también por la capacidad de rebrote luego de la defoliación y la frecuencia con la cual se apliquen los cortes.

En una pastura en la cual dos de sus componentes son leguminosas, serían esperables rendimientos de materia seca superiores en el segundo año de producción y por tanto producciones animales más altas, en comparación con su primer año.

Se espera que la producción de materia seca aumente conforme aumente la asignación hasta un máximo determinado a partir del cual se podrían producir pérdidas de forraje por acumulación.

El forraje desaparecido está determinado por la relación entre la cantidad de forraje ofrecido a los animales y la capacidad de consumo de los mismos, así como también por las características de la pastura, las cuales a su vez son influenciadas por el régimen de pastoreo. Es de esperar una disminución en el porcentaje de forraje desaparecido a medida que aumenta la asignación. En cuanto al forraje desaparecido, los animales a bajas asignaciones presentan bajas tasas de consumo individual pero al manejarse un mayor número de animales por hectárea el desaparecido total se incrementa o es mayor que a altas asignaciones.

Son de esperar cambios en la morfología y la estructura, ya que mediante la intensidad de pastoreo se afecta: la tasa de macollaje, la actividad de yemas axilares, el largo y disposición de vainas y láminas, alargamiento de entrenudos, etc. Estos cambios deberían evidenciarse durante el experimento, mientras que cambios en la composición botánica no deberían ser tan perceptibles.

Respecto a la producción animal, se debería dar que a bajas cargas la producción individual sea alta y aumentos sucesivos en la carga provoquen disminuciones en la ganancia media individual. En cuanto a la producción de carne por hectárea, es de esperar que tenga una relación cuadrática con respecto a la asignación de forraje.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo general del presente trabajo es evaluar la productividad de forraje y producción animal de una pradera de *Lolium perenne*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, bajo distintas asignaciones de forraje.

Productividad de forraje implica producción de forraje y composición botánica. En función de ésta última se evalúa la calidad, porcentaje de suelo desnudo y enmalezamiento para dar idea de la persistencia productiva.

#### 3.2 CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

##### 3.2.1 Lugar y período experimental

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (Facultad de Agronomía, Universidad de la República; Paysandú, Uruguay); durante el período comprendido entre el 4/6/2007 y el 23/11/2007, sobre una pradera de segundo año de *Lolium perenne*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*.

##### 3.2.2 Descripción del sitio experimental

El experimento se localizó en el potrero número 6, a 32°23'29.26" de latitud S y 58°02'20.91" de longitud W. Según la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay (escala 1:1000000), el área experimental se encuentra sobre la Unidad San Manuel, correspondiente a la formación geológica Fray Bentos, la cual se caracteriza por presentar como suelos dominantes Brunosoles Eútricos típicos (Háplicos), superficiales a moderadamente profundos de textura limo-arcillosos (limosa). En asociación con éstos se encuentran Brunosoles Éútricos Lúvicos de textura limosa y solonetz solodizados melánicos de textura franca.

##### 3.2.3 Información meteorológica

La región climatológica en la que se encuentra Uruguay presenta un clima templado a subtropical, con promedios de precipitación anual de 1170mm, siendo su distribución 30% en verano, 28% en otoño, 18% en invierno y 24% en primavera.

Las temperaturas medias anuales varían entre 16 °C en el sureste a 19 °C en el norte. Durante enero, el mes más cálido, las temperaturas varían entre 22 °C y 27 °C, mientras que en el mes más frío, julio, la variación es de 11 °C a 14 °C, respectivamente en cada región (Berreta, 2001).

La evapotranspiración potencial (ETP) media estacional en Paysandú para el año experimental fue de: 405 mm en verano, 135 mm en otoño, 123 mm en invierno y 380 mm en primavera.

Los datos meteorológicos de Paysandú utilizados, correspondientes al período, fueron los registrados en la Estación Meteorología Chalking ubicada a 5km. de la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni.

#### 3.2.4 Antecedentes del área experimental

La pradera fue sembrada el 30 de abril del 2006, dándose la emergencia de la misma el 9 de mayo del mismo año. La fertilización basal fue de 100 kg/ha de 18-46-46-0 (Fosfato de Amonio) y se refertilizó el 30 de mayo con 50 kg/ha de Urea. El 3 de junio se aplicó sobre la misma 350 cc/ha de Preside. La densidad de siembra fue de 15, 8 y 2 kg de semilla por hectárea de *Lolium perenne* c.v. Horizon, *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel y *Trifolium repens* cv. Zapicán, respectivamente.

El manejo en el primer año de la pradera consistió en un pastoreo hasta fines de noviembre del 2006 bajo diferentes asignaciones de forraje (2,0; 4,5; 7,0; 9,5kg MS/100 kg de peso vivo). En el verano del 2007 se realizaron dos pastoreos de similares características para todas las asignaciones.

#### 3.2.5 Tratamientos

Los tratamientos consistieron en cuatro asignaciones de forraje (2,0; 4,5; 7,0 y 9,5%), utilizándose 37 novillos de 2 a 3 años de edad de la raza Holando, con un peso individual promedio inicial de 404 kg (7/8/2007) y siendo éstos asignados a los tratamientos de tal forma que el peso vivo promedio en cada parcela sea similar. El método de pastoreo utilizado fue el rotativo (la duración de los distintos pastoreos a lo largo del experimento se presentan en el Anexo 1).

Los diferentes tratamientos se realizaron sobre la pradera descrita en el punto anterior. En el año 2007 se refertilizó con 100 kg/ha de 18-46-46-0 a

mediados abril y con 70 kg/ha de 46-0-0 (Urea) a mediados de mayo. A fines de mayo se realizó una pasada de rotativa, con el objetivo de homogeneizar la pastura.

### 3.2.6 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar generalizado. El área experimental, que abarca 12 hectáreas, se dividió en tres bloques (correspondientes a tres repeticiones). Éstos fueron subdivididos a su vez en 8 parcelas, las que se definen como la unidad experimental (el área de los bloques y de las parcelas se adjunta en el Anexo 1). Por lo tanto, en cada bloque se realizaron cuatro tratamientos con dos repeticiones por bloque, lo cual es una característica del diseño de bloques completamente al azar generalizado.

## 3.3 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

La metodología se basa en la medición de la respuesta de la pastura (en función de distintas asignaciones de forraje), basado en la producción de forraje, composición botánica, calidad y suelo desnudo. Por otro lado se determinó la evolución del peso de los animales, a través de la ganancia media diaria, en función de las diferentes asignaciones de forraje.

### 3.3.1 Mediciones generales

El método utilizado para medir la disponibilidad y el rechazo de forraje fue el doble muestreo. Se determinó una escala entre 3 y 5 puntos según el grado de heterogeneidad de la misma, por apreciación visual, tomando 3 repeticiones de cada punto, y se midió la disponibilidad de forraje de cada escala mediante corte al ras del suelo (mediante una tijera de aro) utilizando cuadros de 50 por 20 cm.

Se realizó un muestreo de cada parcela, antes y después de cada pastoreo, con número de muestras variables, siendo 20, 30, 30 y 40 para los tratamientos de 2,0; 4,5; 7,0 y 9,5% de asignación, respectivamente; con el objetivo de evaluar la composición botánica de la pastura se utilizó el método del Botanal (Mannetje y Haydock, 1963). Mediante apreciación visual se estimaba el porcentaje de suelo desnudo en cada muestra, el cual se promediaba para cada parcela.

Se midió la disponibilidad de forraje antes del pastoreo y el rechazo luego del mismo en cada parcela de cada bloque, con el objetivo de medir la materia seca desaparecida y el crecimiento entre dos pastoreos sucesivos.

En función de la disponibilidad de forraje de cada parcela y del peso promedio de los animales correspondientes a cada una de ellas se estimaron el número de días de pastoreo. La altura promedio de forraje no se utilizó como criterio de entrada y/o de salida de los animales en cada pastoreo, sino que la rotación fue continua y el momento de entrada y de salida estuvo determinado por los días de pastoreo calculados a partir de la disponibilidad independientemente de la altura de la pastura.

El peso vivo de los animales no se determinó en cada cambio de bloque debido a la variación en el tiempo de pastoreo (ver Anexo 1).

### 3.3.2 Variables determinadas

#### 3.3.2.1 Disponibilidad y rechazo de materia seca

La disponibilidad de materia seca (kg/ha) se define como la cantidad de materia seca en la parcela antes de comenzar el pastoreo. Ésta se compone por la cantidad de forraje acumulado hasta el comienzo del pastoreo y es ajustada por la tasa de crecimiento por los días durante los cuales se realiza el pastoreo.

En cambio el remanente es la cantidad de materia seca (kg/ha) que queda en la parcela luego de terminado el pastoreo.

Las muestras de forraje recogidas en todos los muestreos (mediante el método antes descrito) se pesaron para obtener el peso fresco y luego se secaron en estufa durante 48 horas a 60 °C para determinar el peso seco de las mismas.

Con los datos obtenidos luego del proceso de secado se procedió al cálculo de la disponibilidad de forraje por hectárea. Mediante el ajuste de una ecuación de regresión, entre altura en cm y kg de MS/há, y entre valor de escala y kg de MS/há se determinó cuál de ambas variables (altura o escala) tenía mayor correlación con la disponibilidad. Con la función obtenida se procedió al cálculo de la disponibilidad de forraje por hectárea. Para esto se utilizaron los promedios de escala y altura de cada parcela sustituyendo en la función a la

incógnita, luego el valor obtenido se multiplica por la superficie de cada parcela, obteniendo así la disponibilidad de forraje por parcela. El mismo procedimiento se lleva a cabo para la estimación del rechazo.

#### 3.3.2.2 Altura del disponible y del remanente

La altura del disponible es la altura promedio en cm del forraje en la parcela antes de comenzar el pastoreo.

La altura del remanente es la altura promedio en cm del forraje que queda en la parcela luego del pastoreo.

Las alturas fueron medidas con regla en un punto al azar dentro del rectángulo utilizado para el muestreo, donde el criterio empleado fue el punto de contacto de la regla con la punta de hoja más alta y a su vez, se midió la altura de cada muestra, antes y después del pastoreo. La altura del forraje de cada parcela se obtuvo promediando las muestras de cada una.

#### 3.3.2.3 Materia seca desaparecida

Es la cantidad de materia seca desaparecida durante el pastoreo. Se calcula como la diferencia entre el forraje disponible y el remanente.

#### 3.3.2.4 Porcentaje de desaparecido

Es la cantidad de forraje desaparecido en relación al que había disponible. Se calcula como la relación entre materia seca desaparecida y el forraje disponible antes del pastoreo, multiplicado por 100.

#### 3.3.2.5 Producción de forraje

La producción de forraje (kg MS/ha) se determinó a través de la diferencia entre el forraje disponible al iniciar un pastoreo y el remanente luego del pastoreo anterior.

#### 3.3.2.6 Tasa de crecimiento promedio

La tasa promedio de crecimiento de forraje (kg MS/ha/día) se calculó como la producción de forraje entre dos pastoreos sucesivos dividido el número de días transcurridos entre los mismos.

#### 3.3.2.7 Composición botánica

Es la proporción (%) de cada fracción (gramíneas, leguminosas, restos secos y malezas) en la mezcla forrajera.

La composición botánica se evaluó mediante el Botanal, clasificando las especies o grupos de especies observadas según fueran: anuales estivales, anuales invernales, *Lotus corniculatus*, malezas enanas, malezas leñosas, *Lolium perenne*, *Trifolium repens*, *Stipa setigera*, *Cynodon dactylon*, perennes estivales y perennes invernales. A su vez también se registró la proporción de restos secos y el porcentaje de suelo desnudo.

#### 3.3.2.8 Ganancia de peso diaria

Es la ganancia diaria por animal (kg/animal/día) promedio para todo el período de pastoreo.

Esta se calcula dividiendo la producción de carne durante todo el periodo experimental (peso vivo final menos el inicial) sobre la duración del pastoreo, expresado en número de días.

#### 3.3.2.9 Producción de carne por hectárea

Son los kilogramos de carne producidos por hectárea durante todo el período de pastoreo. Para la situación experimental, ésta varía según los tratamientos, calculándose como la suma de las ganancias de peso de cada animal correspondiente a cada tratamiento, trasladando el resultado obtenido a una hectárea.

### 3.4 HIPÓTESIS

#### 3.4.1 Hipótesis biológicas

- ¿Existen diferencias entre las diferentes asignaciones de forraje en cuanto a la productividad de la pastura?
- ¿Existen diferencias entre las diferentes asignaciones de forraje en cuanto a la ganancia media diaria y por hectárea?

#### 3.4.2 Hipótesis estadísticas

- $H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = 0$

$H_a$ : al menos un efecto del tratamiento es diferente de cero

- $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$

$H_a$ : al menos un efecto del bloque es distinto de cero

### 3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La información se procesó mediante el paquete estadístico SAS, volumen 6.1.0. Este programa facilita el cálculo de las distintas variables, a partir de la información generada en las mediciones realizadas durante el trabajo de campo. A las variables medidas se las analizó por medio del análisis de varianza, y en el caso de encontrarse diferencias significativas se realizó la prueba de Tukey para determinar la mínima diferencia significativa entre tratamientos. Los máximos y mínimos fueron calculados mediante la derivada primera de las funciones de respuesta.

#### 3.5.1 Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2, 3, 4$$

$$j = 1, 2, 3$$

$$k = 1, 2$$

Donde:

- $Y$  corresponde a la variable de interés
- $\mu$  es la media general
- $\alpha_i$  es el efecto de la  $i$ -ésima asignación de forraje
- $\beta_j$  es el efecto del  $j$ -ésimo bloque
- $(\alpha\beta)_{ij}$  es el efecto de la interacción entre la  $i$ -ésima asignación de forraje y el  $j$ -ésimo bloque
- $\varepsilon_{ijk}$  es el error experimental

### 3.5.2 Para medidas repetidas en el tiempo

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + E(a) + \gamma_k + (\tau\gamma)_{ik} + E(b)$$

$$i = 1, 2, 3, 4$$

$$j = 1, 2, 3$$

$$k = 1, 2, 3, 4, 5$$

Donde:

- $Y$  corresponde a la variable de interés
- $\mu$  es la media general
- $\tau_i$  es el efecto de la  $i$ -ésima asignación de forraje
- $\beta_j$  es el efecto del  $j$ -ésimo bloque

- $(\tau\beta)_{ij}$  es el efecto de la interacción entre la i-ésima asignación de forraje y el j-ésimo bloque
- $\gamma_k$  es el efecto de la k-ésima repetición
- $(\tau\gamma)_{ik}$  es el efecto de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y la k-ésima repetición
- $E(a)$  es el error experimental
- $E(b)$  es el error de muestreo

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 DATOS METEOROLÓGICOS

A continuación se presentan los registros de precipitaciones y temperaturas medias correspondientes al período mayo-diciembre, comparando los promedios de la serie histórica entre 1971 y 1995 con los datos del año del experimento (2007).

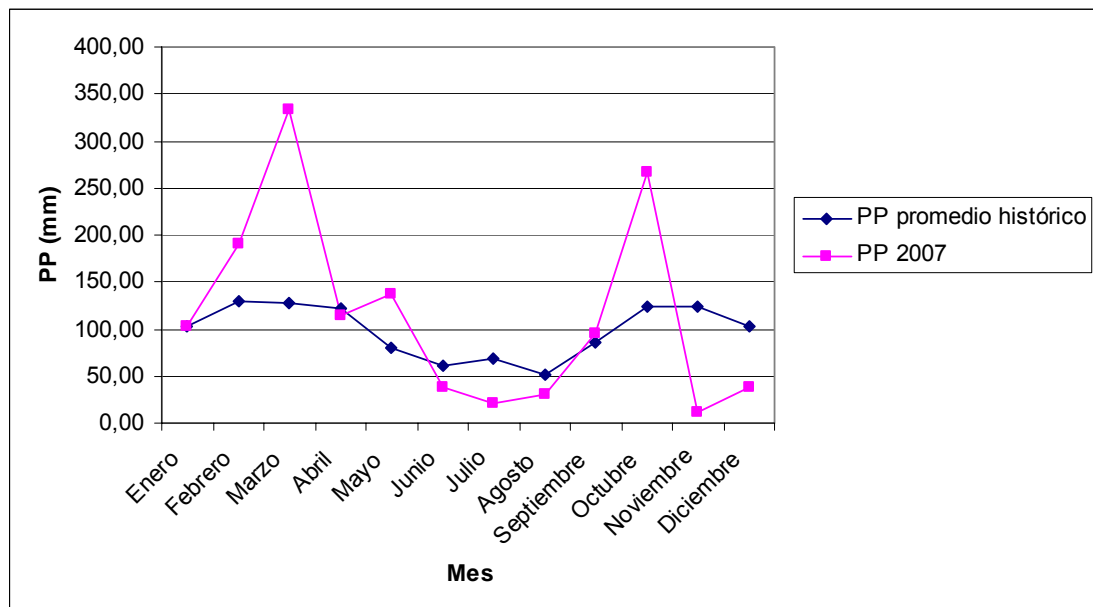


Figura No. 1. Registro de precipitaciones durante el experimento comparado con el promedio histórico.

Como se observa en la Figura 1 existen diferencias entre los promedios mensuales de la serie histórica con los del período experimental.

Las precipitaciones medias del año 2007 fueron superiores al promedio histórico en los meses de febrero, marzo, mayo y octubre; mientras que en enero, abril y setiembre fueron similares. Particularmente en los meses de marzo y octubre las diferencias con el promedio histórico fueron las más marcadas, siendo estas de más de 100mm a favor del año 2007. La mayor diferencia a favor de la serie histórica se dio en los meses de noviembre y

diciembre, donde para el año del experimento se registraron casi 100mm menos en cada mes.

Considerando que el raigrás perenne es una especie que no tolera déficit hídricos severos, se puede decir que antes y durante el período del ensayo no se dieron las condiciones necesarias para perjudicar a esta especie.

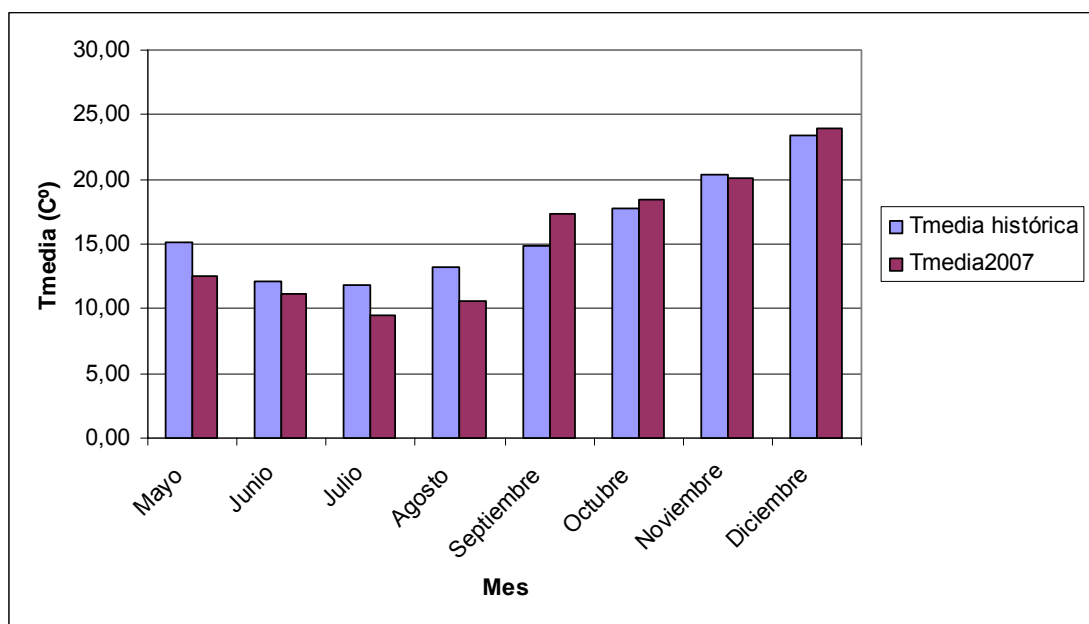


Figura No. 2. Registro de temperaturas medias durante el ensayo comparadas con la media histórica.

Como se observa en la figura anterior, en los meses de mayo, julio y agosto, la temperatura media para el período experimental se ubicó entre 2° y 3° C por debajo del promedio histórico; mientras que para el mes de setiembre se ubicó aproximadamente 2° C por encima del promedio histórico. En los meses restantes, las diferencias no llegaron a 1° C.

Teniendo en cuenta lo reportado por Carámbula (1977), que las especies con metabolismo C3 como *Lolium perenne*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* se desarrollan mejor con temperaturas de 15° a 20° C, se puede

decir que durante el ensayo la temperatura no fue limitante para el buen crecimiento y desarrollo de la mezcla forrajera sembrada.

Si se toman en cuenta los datos presentados en las Figuras 1 y 2, se puede decir que en los meses de junio, julio y agosto se dieron condiciones de temperatura y precipitaciones que pudieron afectar el normal desarrollo de la pastura.

#### 4.2 CANTIDAD DE FORRAJE Y ALTURA DEL DISPONIBLE

A continuación se presentan los datos de disponibilidad y altura promedio de forraje.

Cuadro No. 1. Disponibilidad promedio en Kg de materia seca por hectárea en función del porcentaje de asignación (kg MS/100 kg PV).

Asignación	Disponible (Kg MS/há)
2,0	1299 B
4,5	1465 BA
7,0	1710 A
9,5	1688 A

A, B: medias seguidas por distintas letras difieren estadísticamente por el Test de Tukey ( $p < 0,05$ ). (Ver Anexo 2)

Cuadro No. 2. Altura promedio del disponible en centímetros en función del porcentaje de asignación (kg MS/100 kg PV).

Asignación	Altura disponible (cm)
2,0	8,8 B
4,5	10,8 BA
7,0	13,2 A
9,5	13,3 A

A, B: medias seguidas por distintas letras difieren estadísticamente por el Test de Tukey ( $p < 0,05$ ). (Ver Anexo 3)

Como se puede observar en los cuadros anteriores, los tratamientos que mostraron diferencias significativas entre sí fueron los de 7,0% y 9,5% respecto a los de 2,0%, demostrando que a mayor asignación se tiene una mayor altura de forraje por lo tanto una mayor disponibilidad.

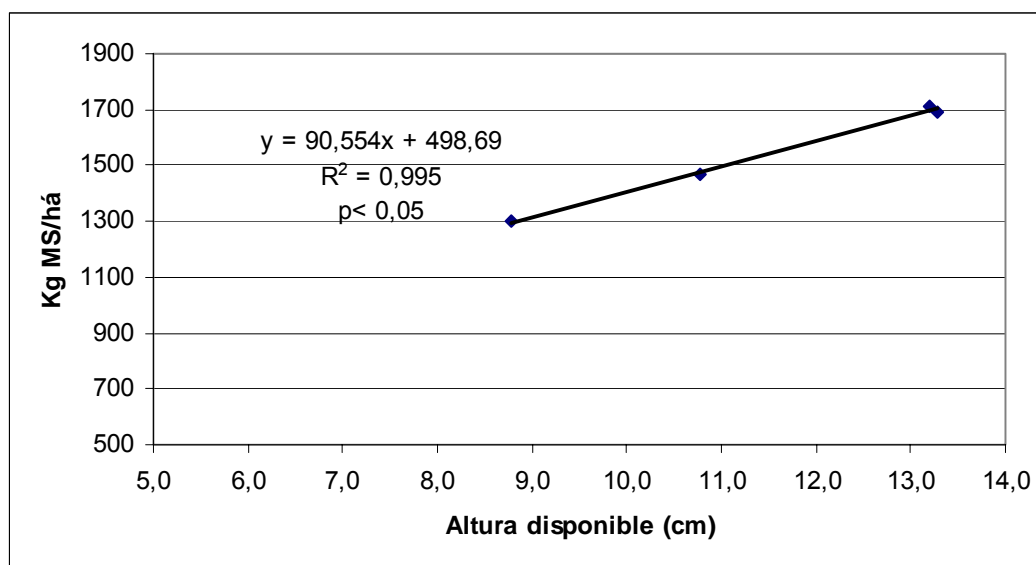


Figura No. 3. Kg de materia seca disponible en función de la altura disponible.

Como se observa en la Figura 3, la altura del disponible y los kg de materia seca muestran una correlación de 99,5% con una tendencia lineal positiva. Esto concuerda con lo mencionado por Almada et al.<sup>1</sup> quienes encontraron que la altura previa al pastoreo presentó similares tendencias a las mostradas con el forraje disponible; menores en la asignación más baja e incrementándose con ella.

A continuación se presenta la evolución de la disponibilidad de forraje previo a la entrada de cada uno de los pastoreos realizados durante el experimento.

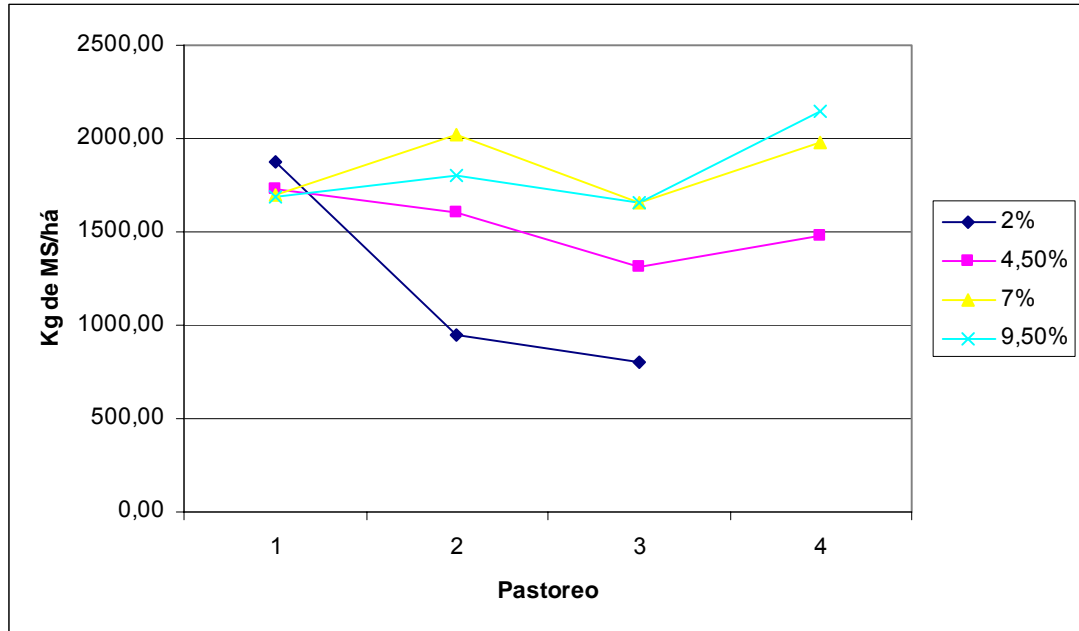


Figura No. 4. Evolución de la disponibilidad (KgMS/há) de forraje previo a los pastoreos.

Como se observa en la Figura 4, no hay grandes diferencias en la disponibilidad de forraje al inicio del experimento. En cambio, luego del primer pastoreo se detecta una marcada disminución en el forraje disponible en el segundo y tercer pastoreo fundamentalmente para el tratamiento de 2,0% e intermedia para el de 4,5% PV de asignación de forraje. Esto puede estar explicado por la muy escasa área foliar que quedaba luego del pastoreo, a igual período de descanso, particularmente para el tratamiento de más baja asignación, determinando una capacidad muy limitada para producir fotoasimilados. Por lo tanto las plantas dependían en mayor medida de las reservas de carbohidratos para el rebrote los que a su vez se encuentran en poca cantidad dado a que la especie que predominaba era el trébol blanco la cual no posee órganos especializados para las mismas. Como consecuencia no se alcanza un rebrote adecuado debido al lento crecimiento que permita compensar la mayor acumulación de materia seca que los tratamientos de mayor asignación de forraje alcanzan antes del siguiente pastoreo. Esto coincide con lo mencionado por Brougham (1956), Langer (1981), Donaghy y Fulkerson (1998). Por otro lado, las condiciones de sequía estivales pudieron afectar la población de estolones en estos tratamientos, coincidiendo esto con lo dicho por Carámbula (2002). El tiempo de recuperación de la pastura puede

ser otro de los factores que incidieron en la disminución de la disponibilidad de estos tratamientos, ya que no es suficiente para que las plantas alcancen un crecimiento adecuado que permita acumular reservas de carbohidratos, lo cual es indispensable bajo pastoreos intensos que dejan escasa área foliar remanente. A su vez en estos casos la tasa de crecimiento se ve muy perjudicada reduciéndose el forraje acumulado hasta el siguiente pastoreo, lo que concuerda con Fulkerson y Slack (1995). Por otra parte, la disminución en la disponibilidad de forraje mencionada anteriormente, que se dio particularmente en los tratamientos de baja asignación, se pudo deber también a la pérdida de plantas, lo cual es factible ya que con defoliaciones frecuentes e intensas, se afecta la supervivencia de las mismas por una disminución de las reservas de carbohidratos. Esto determina que por un lado se retrase el macollaje y se incremente la muerte de macollas jóvenes, y por otro lado que el sistema radicular se vea debilitado provocando que las plantas puedan ser arrancadas por los animales durante el pastoreo.

Por el contrario para los tratamientos de 7,0% y 9,5% PV de asignación de forraje se aprecia un aumento en la cantidad de forraje disponible, como consecuencia de la mayor cantidad de forraje remanente y mayor altura del mismo, quedando adecuada cantidad de hojas fotosintéticamente activas para el rebrote y a que las reservas de carbohidratos no serían limitantes para el crecimiento, lo cual determinó que la pastura alcanzara antes el IAF óptimo (IAF y T:C) requiriendo un menor tiempo de recuperación en comparación con los tratamientos de mayor intensidad. Lo antes mencionado concuerda con lo expresado por Langer (1981), Carámbula (2004). A su vez en pasturas mantenidas con alto IAF, como ocurre a altas asignaciones de forraje, éste se alcanza con un menor número de plantas pero de mayor tamaño y un mayor número de hojas vivas por planta, y de esto va a depender la respuesta de la pastura luego de un pastoreo, lo cual coincide con lo expresado por Davies (1965).

La caída que se observa entre el segundo y tercer pastoreo en la disponibilidad para todos los tratamientos se debió posiblemente al largo período del segundo pastoreo, y a que en los primeros 3 días del mes de octubre se produjeron precipitaciones de aproximadamente 100 mm. Como consecuencia de esto la pastura se vio seriamente afectada quedando zonas de las parcelas anegadas y a su vez debido al pisoteo de los animales que dejó como resultado un alto porcentaje de suelo desnudo así como también provocó una pérdida de plantas. Si bien existe una caída de la disponibilidad de forraje en todos los tratamientos, las pendientes son bajas. Lo anterior puede estar

explicado por las altas tasas de crecimiento en este período que se dieron después de las precipitaciones.

Por último, la disponibilidad de forraje de los diferentes tratamientos aumentó entre el tercer y cuarto pastoreo como consecuencia de las buenas condiciones ambientales que determinaron mayores tasas de crecimiento diarias en primavera. Es importante aclarar que el tratamiento de 2,0% PV de asignación de forraje fue suspendido luego del tercer pastoreo, pudiéndose haber eliminado previo a la entrada al tercer pastoreo, debido al mal estado de sus parcelas que no permitió alcanzar una altura del disponible adecuada para el reingreso de animales.

El manejo realizado en el presente ensayo, fue de pastoreo rotativo en franjas siendo la especie predominante en el aporte de materia seca el trébol blanco. Este manejo, si bien fue intenso, permitió mantener el forraje disponible previo al ingreso de cada pastoreo en los tratamientos de mayor asignación, al contrario de los tratamientos de baja asignación.

Estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Almada et al.<sup>1</sup> para la misma pastura en su primer año, en donde la disponibilidad de forraje de todos los tratamientos mostraron una misma tendencia a la baja en los sucesivos pastoreos. Posiblemente, esto se deba a los diferentes manejos de la pastura así como también al efecto año y composición botánica de la pastura.

### 4.3 CANTIDAD DE FORRAJE Y ALTURA DEL REMANENTE

A continuación se presentan los datos del remanente promedio en base a la escala y las alturas promedio para ese remanente.

Cuadro No. 3. Remanente promedio en Kg de materia seca por hectárea en función del porcentaje de asignación (kg MS/100 kg PV).

Asignación	Remanente (Kg MS/há)
2,0	528 C
4,5	763 CB
7,0	973 BA
9,5	1179 A

A, B, C: medias seguidas por distintas letras difieren estadísticamente por el Test de Tukey ( $p < 0,05$ ). (Ver Anexo 4)

Del Cuadro 3 se desprende que el remanente del tratamiento de 2,0% difiere significativamente de los tratamientos de 7,0% y 9,5% de asignación de forraje. Para el tratamiento de 4,5%, solo se encuentran diferencias significativas con el tratamiento de 9,5%.

Cuadro No. 4. Altura promedio del remanente en centímetros en función del porcentaje de asignación (Kg MS/100 kg PV).

Asignación	Altura remanente (cm)	Máximo	Mínimo	Varianza
2,0	3,6 C	4,9	1,2	1,2
4,5	6,3 B	10,1	3,3	4,1
7,0	8,7 A	13,4	5,6	3,8
9,5	9,8 A	14,2	5,3	4,7

A, B, C: medias seguidas por distintas letras difieren estadísticamente por el Test de Tukey ( $p < 0,05$ ). (Ver Anexo 5)

En este cuadro se puede observar que la altura remanente del tratamiento de 2,0% de asignación de forraje difiere significativamente de los tratamientos de 4,5%, 7,0% y 9,5%. Por otra parte el tratamiento de 4,5% tiene diferencias significativas respecto a los tratamientos de mayor asignación, los cuales no presentan diferencias significativas entre si.

Resumiendo los datos presentados en los cuadros anteriores, se comprueba la teoría de que a menor intensidad de pastoreo, mayor va a ser el remanente y por ende su altura.

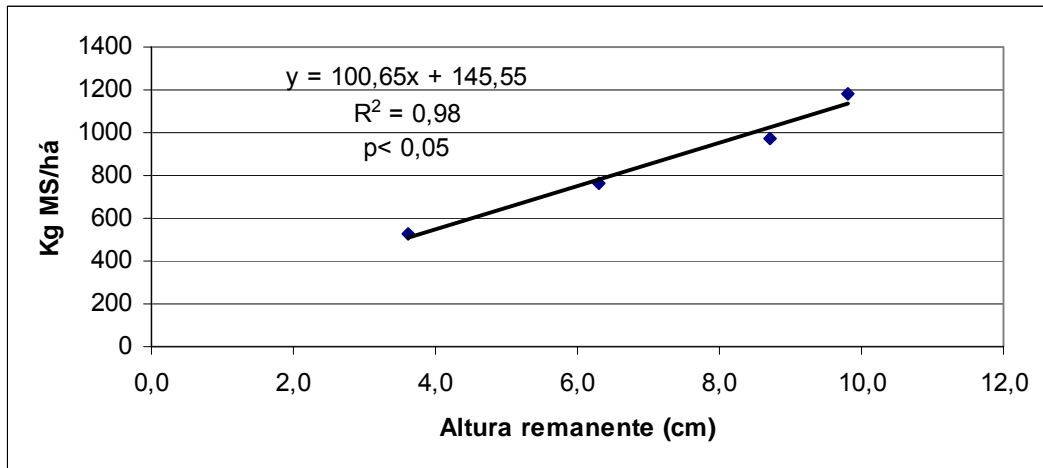


Figura No. 5. Kg de materia seca remanente en función de la altura remanente.

Tal como fue para el forraje disponible, los kg de materia seca del remanente muestran una alta correlación y tendencia lineal positivas con la altura del mismo. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Almada et al.<sup>1</sup>, donde la altura del remanente presentó una tendencia similar que la presentada por la cantidad de forraje remanente, aumentando a medida que aumenta la asignación de forraje; determinando que a mayores asignaciones de forraje, mayores alturas del remanente.

En general el promedio de altura remanente de las distintas asignaciones se puede definir como adecuada ya que para especies postradas la altura promedio de pastoreo es de hasta 2,5 cm y para las erectas entre 5 y 7,5 cm, según lo expresado por Carámbula (2004), y en este trabajo la especie que dominaba en la pastura era T. blanco. Sin embargo según los muestreos, en algún pastoreo se alcanzó una altura mínima de remanente de 1,2 cm, lo cual indica que el tratamiento de 2,0 % se encontró con una altura menor a la recomendada (2,5 cm) que pudo haber determinado menores posibilidades de recuperación futura.

En la siguiente figura se muestra la evolución del remanente de forraje luego de cada pastoreo.

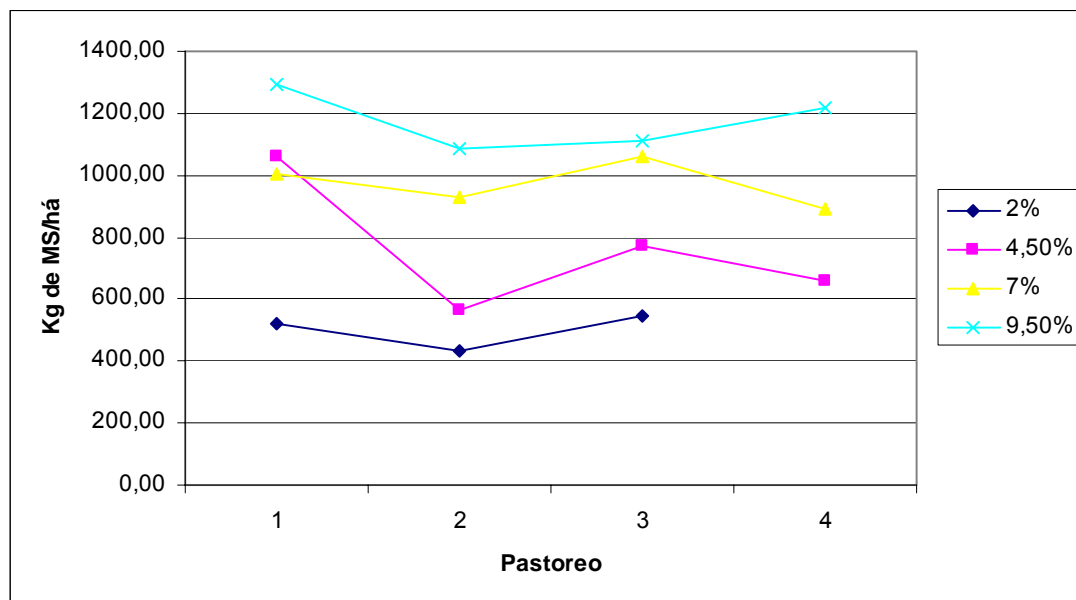


Figura No. 6. Evolución del remanente de forraje (KgMS/há) para los distintos tratamientos.

En la siguiente figura se muestra la evolución de la altura promedio del remanente en centímetros para cada tratamiento en función del tiempo.

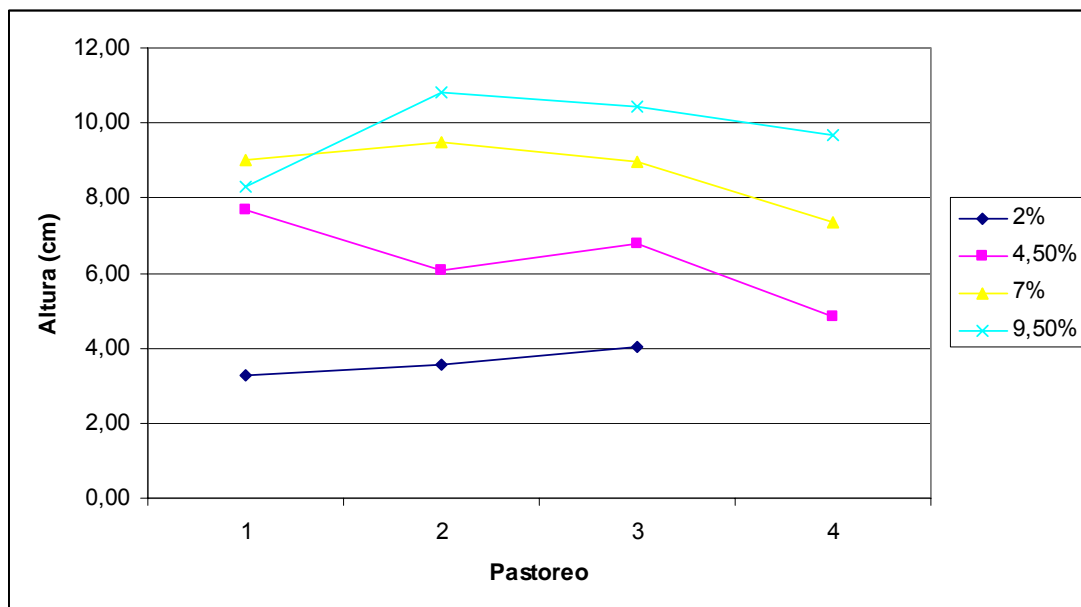


Figura No. 7. Evolución de la altura promedio del remanente (cm) para cada tratamiento a lo largo de los sucesivos pastoreos.

Analizando los datos de la gráfica se observa que el tratamiento de 2,0% PV de asignación de forraje presentó los valores más bajos de materia seca remanente y menos variables a lo largo de los pastoreos. Esto estaría indicando que los animales consumen hasta su capacidad de aprehender el forraje, cosechando por lo tanto la máxima cantidad de forraje posible, coincidiendo con los resultados obtenidos por Almada et al.<sup>1</sup>

Si se tiene en cuenta que un animal de aproximadamente 430 kg de peso vivo necesita consumir 6,7 kg de materia seca por día para cubrir sus requerimientos de mantenimiento, pastoreando a un 2,0% PV de asignación y con una utilización promedio de 65% no cubre sus requerimientos de mantenimiento (Crempien, 1995). Esta situación se da a partir del segundo pastoreo donde la pastura vio limitado su crecimiento por lo mencionado en párrafos anteriores determinando posteriormente pérdidas de peso en algunos animales.

Para el resto de los tratamientos, la tendencia fue variable durante los sucesivos pastoreos, donde en general no hubo demasiada variación excepto

en el tratamiento de 4,5% entre el primer y segundo pastoreo. Por el contrario en el tercer pastoreo hay un aumento en el remanente posiblemente debido a una alta tasa de crecimiento de la pastura que superó a la tasa de consumo, dado que ya estaba en la primavera.

En el último pastoreo se observa la misma tendencia entre los tratamientos de 4,5, 7,0 y 9,5% que tienden a disminuir la cantidad de forraje remanente debido a las condiciones secas, y al mayor consumo por los animales al ser más pesados y aumentar sus requerimientos. La combinación de un período más seco y de mayor temperatura con la menor altura de biomasa de estos últimos, no permitieron la adecuada recuperación post-pastoreo.

#### 4.4 PRODUCCIÓN DE FORRAJE

En la siguiente figura se presenta la producción de materia seca en función de cada asignación.

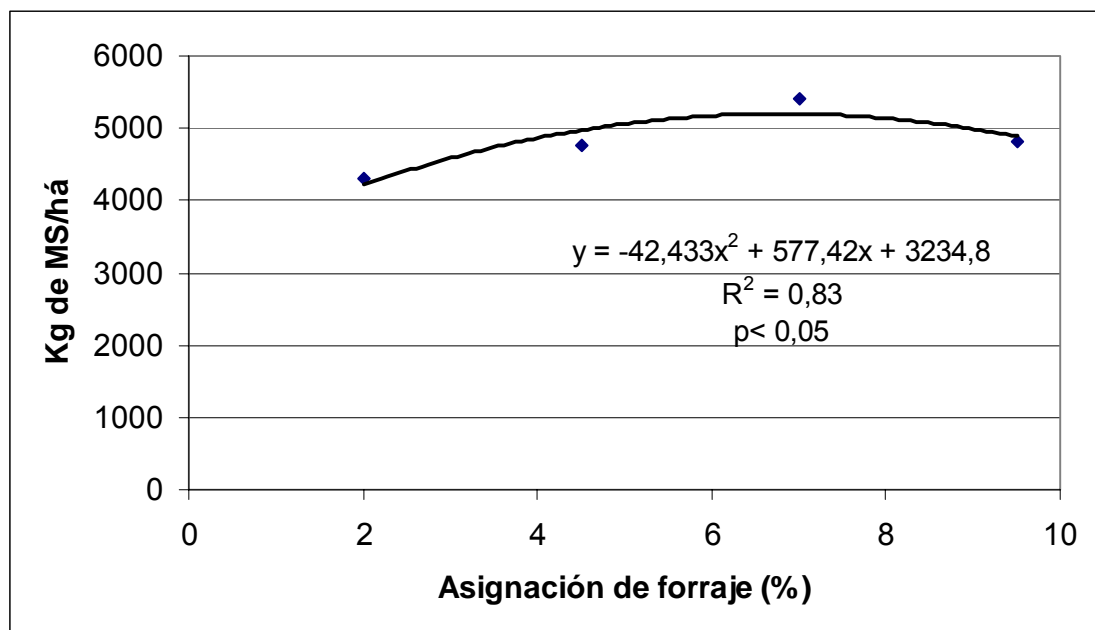


Figura No. 8. Producción de materia seca (Kg/há) según asignación de forraje.

De la Figura 8 se desprende que la producción de materia seca aumenta conforme aumenta la asignación de forraje hasta un máximo de 5199 kg MS/há cuando la asignación es de 6,8% a partir de la cual decrece, el cual se calculó mediante la derivada de la función. Esto puede deberse a que la vida media foliar es menor al tiempo libre de pastoreo lo cual genera tejido senescente y a su vez, las hojas viejas (de menor eficiencia fotosintética) de T. blanco se encuentran por encima de hojas nuevas interceptando la radiación incidente y por ende sombrea el estrato inferior, lo cual puede reducir la tasa de rebrote y enlentecer la iniciación de macollos en las gramíneas lo que coincide con lo mencionado por Langer (1981). El aumento registrado de la producción de materia seca hasta el máximo se da con aumentos decrecientes, dándose los mayores incrementos en el tramo comprendido entre 2,0% y 4,5% PV de asignación de forraje. En el tramo de 4,5% hasta el punto máximo los incrementos son notoriamente inferiores.

Contrastando con los datos obtenidos en el primer año de esta pastura la producción de materia seca fue muy inferior (12524 vs. 5199 Kg MS/há). Posiblemente se debió a las condiciones de sequía que se dieron durante el período estivo-otoñal del año 2007 lo cual generó una pérdida importante de plantas de raigrás perenne. Como consecuencia de esto especies más adaptadas a estas condiciones hicieron uso del nitrógeno aportado por las leguminosas, fundamentalmente malezas, por lo cual se produjo un aumento del enmalezamiento. A su vez se generó un cambio en la composición botánica, dominando en el segundo año el T. blanco, el cual posee mayor cantidad de agua y por lo tanto su aporte en materia seca es menor al del raigrás perenne, especie dominante en el primer año. Estos resultados no concuerdan con lo dicho por Carámbula (1991) que establece que una pastura dominada por leguminosas en su segundo año determina rendimientos más elevados de materia seca al segundo y tercer año promoviendo las producciones animales más altas en la vida de la pastura, aunque con serios riesgos de meteorismo.

A modo de resumen se puede concluir que el raigrás no mostró un comportamiento perenne como era esperado, ya que redujo su perennidad a tan sólo 2 años, al igual que el trébol blanco. En el caso del lotus, su aporte en el segundo año fue de poca significancia.

#### 4.5 PORCENTAJE DE FORRAJE DESAPARECIDO

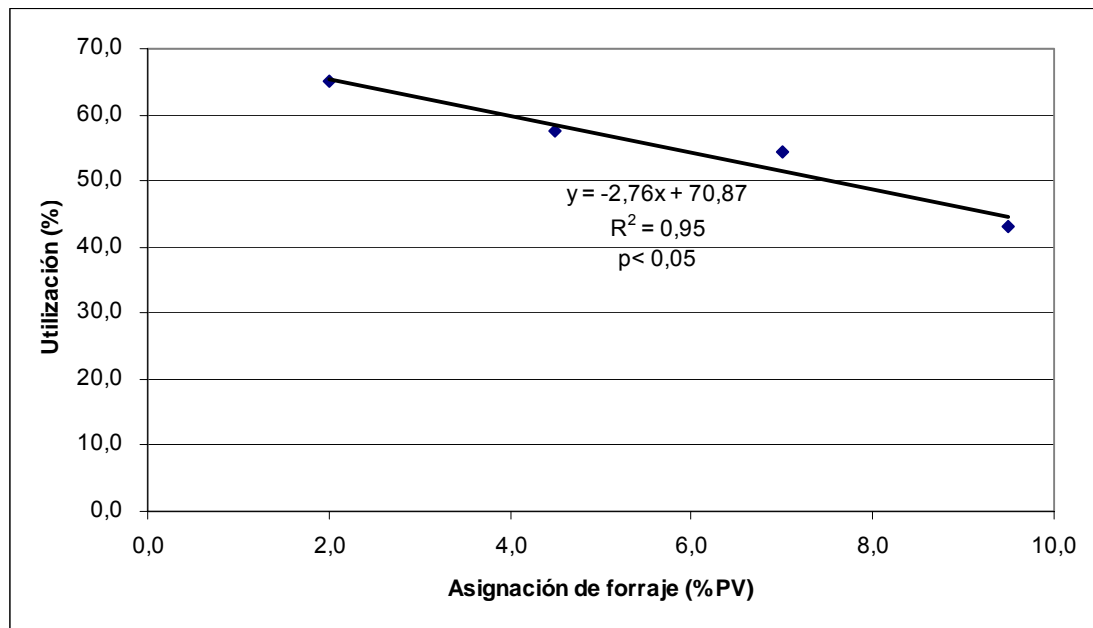


Figura No. 9. Forraje desaparecido según asignación de forraje. (Ver Anexo 7)

Como se observa en la gráfica claramente hay una disminución del porcentaje de forraje desaparecido a medida que aumenta la asignación. En el tratamiento de 2,0% PV de asignación de forraje se aprecia el mayor porcentaje de desaparecido determinado por el escaso forraje disponible y la alta carga animal. En cambio a medida que aumenta la asignación de forraje los animales presentan mayor oportunidad de selección determinando una menor utilización, coincidiendo con lo mencionado por Mott (1969), Gastal et al. (2004).

Los animales que pastorearon a altas asignaciones (9,5%) presentaron una cantidad de forraje utilizado menor que aquellos que pastorearon a baja asignación (2,0%). Estos resultados concuerdan con los de Aldama et al. (2003) que determinaron que animales manejados a mayor asignación disponen de mayor área para pastorear respecto a los manejados a menor asignación. Por este motivo, los animales manejados a bajas asignaciones deben pastorear mas abajo en el perfil para alcanzar niveles de consumo similares a los que disponen de alta asignación, aumentando progresivamente las dificultades de prehensión de forraje y reduciéndose progresivamente la tasa de consumo

individual de dichos animales, pero al manejarse un mayor número por unidad de superficie el consumo o utilización total se incrementa o es mayor.

Por otra parte al aumentar la asignación de forraje hasta 9.5 % la cantidad de forraje ofrecido excede la capacidad de consumo del animal y por ende disminuye el porcentaje de utilización. En estos podría aumentar la proporción de tejido senescente, lo cual es explicado por un mayor sombreado de la pastura y a que muchas hojas cumplen su vida media antes del siguiente pastoreo. Esto provoca muchas veces un aumento de la selección de material verde por los animales y por lo tanto una disminución de la utilización. Esto concuerda con lo expresado por Hudson et al. (1977), Langer (1981), Gastal et al. (2004).

Similares resultados obtuvo Carámbula (2004) que determinó que pasturas que se encuentran en estado vegetativo, manejadas con bajas dotaciones, ya sea con manejo continuo o rotativo, presentan pérdidas de importantes cantidades de materia seca debido a que se permite una excesiva acumulación de forraje. La realización de pastoreos severos, 2,0 %, si bien incrementarían el % de utilización de cada pastoreo, tenderían a disminuir la producción de forraje total debido a una menor área fotosintética activa (más proporción de suelo descubierto), por lo que la cantidad total de forraje utilizado es menor, lo que concuerda con Heitschmidt et al., citados por Fulkerson y Slack (1995).

Todo lo expuesto en este punto explica por qué para el forraje desaparecido en kg de materia seca no se encontraron diferencias significativas pero sí las hubieron para el porcentaje de forraje desaparecido.

#### 4.6 FORRAJE DESAPARECIDO

La cantidad de forraje desaparecido en función de la asignación no dio diferencias significativas.

Cuadro No. 5. Forraje desaparecido en función de los diferentes tratamientos.

Asignación	Forraje total desaparecido (Kg MS/Há)
2,0	3692
4,5	3695
7,0	3899
9,5	2469

El análisis estadístico se presenta en el Anexo 6.

Como se observa en el Cuadro 5 el forraje desaparecido no presenta diferencias significativas para los distintos tratamientos. Esto no coincide con los resultados de Almada et al.<sup>1</sup> donde los tratamientos si presentaron diferencias significativas entre si.

Estos resultados obtenidos pueden deberse a que si bien los tratamientos difieren en la cantidad de forraje ofertado, los porcentajes de utilización de ese forraje son diferentes según el nivel de asignación. Por lo tanto, en los tratamientos de más baja asignación, si bien la disponibilidad de forraje es baja, se compensa el consumo con una mayor utilización que en los tratamientos de mayor asignación. Una posible explicación de esto es que los animales manejados a bajas asignaciones cosechan gran parte del forraje disponible debido a la limitada posibilidad de selección, mientras que los manejados a altas asignaciones tienen mayor posibilidad de selección consumiendo menor cantidad de forraje pero de mayor calidad, lo que coincide con lo expresado por Hodgson (1990), Elizalde (1999).

#### 4.7 COMPOSICIÓN BOTÁNICA

A continuación se presentan las proporciones en las cuales se encuentran los distintos componentes de la pastura para cada nivel de asignación y expresadas como porcentaje del total de materia seca disponible.

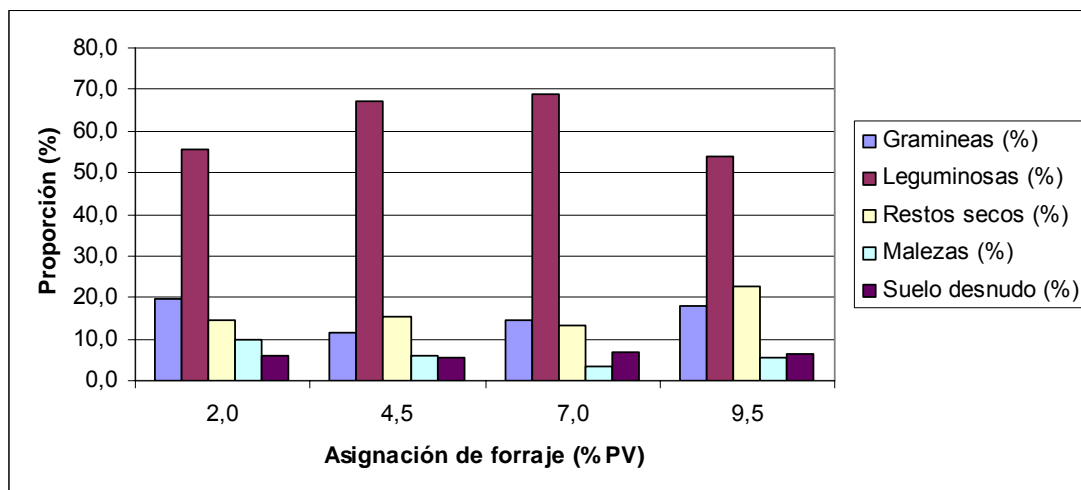


Figura No. 10. Proporción de los distintos componentes de la pastura al inicio del experimento.

Como puede observarse en la figura, las proporciones de los distintos componentes de la pastura al inicio del experimento son similares para todos los niveles de asignación de forraje. Se destaca la importante presencia de leguminosas como principal componente en el aporte de materia seca, fundamentalmente de trébol blanco, lo cual es explicado por tratarse ésta de una pradera de segundo año. Esto coincide con lo mencionado por Carámbula (1991) que dice que la mayoría de las pasturas cultivadas presentan un desequilibrio acentuado a favor de la fracción leguminosa, dado que es más fácil establecer leguminosas que gramíneas. A su vez y relacionado con lo antedicho, debe mencionarse que el manejo y las condiciones del primer año de la pradera, podrían estar influyendo sobre la composición botánica, la persistencia de las especies implantadas, la aparición de nuevas especies y la expansión o reducción de otras. Por el contrario, Almada et al.<sup>1</sup> obtuvieron en el primer año de la pastura que el componente predominante en el aporte de materia seca fueron las gramíneas y respecto a las leguminosas, al tratarse de una especie de lento establecimiento, su proporción fue insignificante.

Por otro lado las gramíneas no representan una proporción importante en el aporte de materia seca, encontrándose casi en la misma proporción que los restos secos. El enmalezamiento al inicio fue mínimo y variable en los distintos tratamientos, y la proporción de suelo descubierto fue baja.

Cuadro No. 6. Proporción promedio medida en el disponible de los distintos componentes de la pastura según la asignación de forraje.

Asignación	Gramíneas (%)	Leguminosas (%)	Restos secos (%)	Malezas (%)	Suelo desnudo (%)
2,0	27,2 A	61,0 C	3,6 A	8,0 A	6,3 A
4,5	19,7 B	70,8 AB	3,8 A	5,5 AB	3,6 B
7,0	20,3 B	73,0 A	3,2 A	3,3 B	3,3 B
9,5	22,8 B	66,8 B	5,1 A	5,0 B	3,3 B

A, B, C: las medias seguidas por distintas letras en la columna difieren estadísticamente por el Test de Tukey ( $p < 0,05$ ). (Ver Anexo 8)

Como se puede observar en el cuadro y comparando con la composición botánica al inicio del experimento, se produjo un leve aumento en la proporción de gramíneas, las cuales no superaban el 20% en ninguno de los tratamientos. Las leguminosas también mostraron un mínimo aumento respecto al inicio. Por otro lado, la proporción de restos secos disminuyó y, la proporción de malezas y suelo desnudo se mantuvo.

Analizando el cuadro anterior, se observa que la proporción de gramíneas del tratamiento de 2,0% de asignación difirió significativamente del resto de los tratamientos. En cuanto a leguminosas, el comportamiento es inverso ya que fue el que presentó la menor proporción de este componente. Esto puede deberse a los regímenes severos de defoliación y al sobrepastoreo, que reducen el tamaño de hoja del trébol blanco, afectando su crecimiento, incrementando la susceptibilidad de la misma a la competencia de las gramíneas y llevando a la pérdida de plantas, combinado con invasión de malezas anuales (Brougham 1956, Hutchinson et al. 1995). A su vez, lo que podría estar explicando la mayor proporción de malezas y suelo desnudo en los tratamientos de mayor intensidad de pastoreo, es la desaparición de plantas de trébol blanco y a esto se le puede sumar el efecto del pisoteo.

Como puede observarse, los tratamientos de 4,5%, 7% y 9,5% presentan diferencias significativas en las leguminosas y gramíneas con el de 2,0%. Esto puede deberse al manejo diferencial que llevó a una estructura diferente en la pastura. Si bien las leguminosas son el componente principal de todos los tratamientos, para el caso del tratamiento de menor asignación toman mayor importancia los otros componentes en detrimento de las leguminosas. Esto

puede deberse a que en este tratamiento, el pastoreo fue rasante, permitiendo la intercepción de luz a los estratos más bajos y favoreciendo el desarrollo de otras especies. En los restantes tratamientos, el pastoreo removía el estrato superior y no era homogéneo en toda la parcela, por lo tanto luego de cada pastoreo permanecía una importante cantidad de área foliar de trébol blanco, que al ser el componente predominante era quien captaba la mayor cantidad de radiación incidente. Esto concuerda con lo dicho por Carámbula (1997) que dice que durante el invierno, dadas las condiciones ambientales que lo caracterizan, las leguminosas (en especial los tréboles) tienden a dominar en las praderas. Este comportamiento se evita realizando pastoreos oportunos que permitan a las gramíneas recibir más luz y más calor a nivel de las yemas cerca del suelo, lo que dará lugar a un mayor macollaje y desarrollo de nuevas hojas. A modo de resumen se puede decir que en el período del experimento se encontraron cambios en la composición botánica pero estos no son tan perceptibles a simple vista sino que fueron constatados mediante los muestreos, no siendo así para el caso de la estructura de la pradera donde los cambios generados por los distintos manejos fueron más notorios. Esto concuerda con lo expuesto por Mitchley y Willems (1995), Barthram et al. (1999) que dicen que cambios detectables en la composición botánica debidos a cambios en el manejo son lentos en ocurrir, mientras cambios en la estructura vertical de la pastura son evidentes en menor tiempo.

Por último, respecto a los restos secos, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los distintos tratamientos.

Comparando los resultados obtenidos con los de Almada et al.<sup>1</sup>, la evolución de los componentes y su proporción fueron totalmente inversas. Esto puede deberse a que en el año de implantación, el manejo frecuente y poco intenso impidió el buen desarrollo y crecimiento de las leguminosas a la vez que el alto vigor inicial del raigrás ejerció una importante competencia por luz sobre el trébol blanco. Esto determinó que en el primer año el crecimiento del trébol se viera afectado y predominara el raigrás.

Las siguientes figuras muestran la evolución de las distintas fracciones que componen la mezcla a lo largo de los sucesivos pastoreos, para cada uno de los tratamientos.

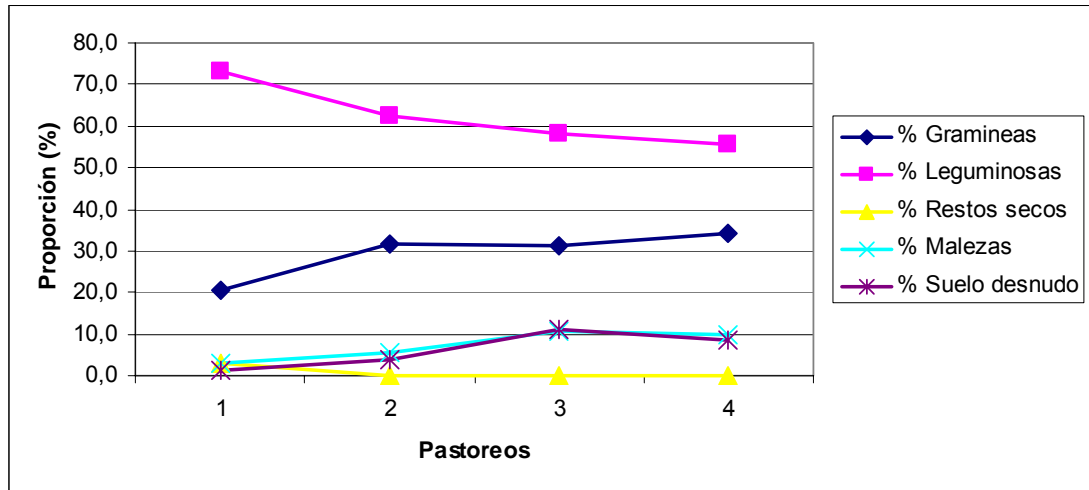


Figura No. 11. Evolución de la composición botánica en el tratamiento de 2,0% PV de asignación de forraje.

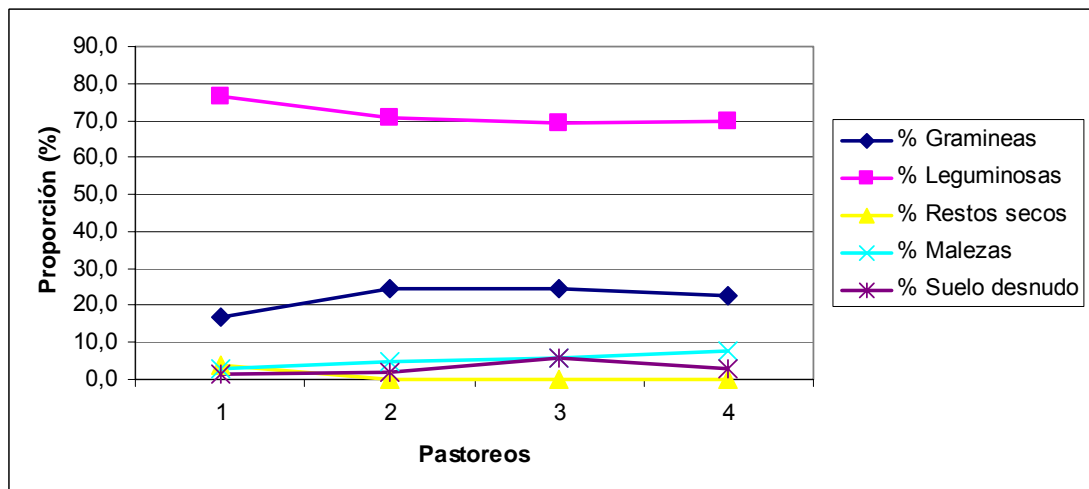


Figura No. 12. Evolución de la composición botánica en el tratamiento de 4,5% PV de asignación de forraje.

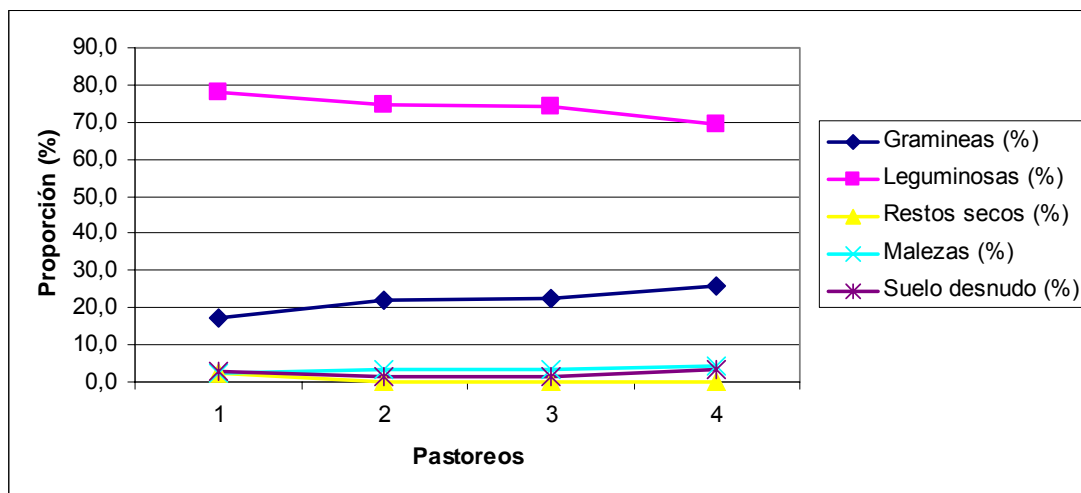


Figura No. 13. Evolución de la composición botánica en el tratamiento de 7,0% PV de asignación de forraje.

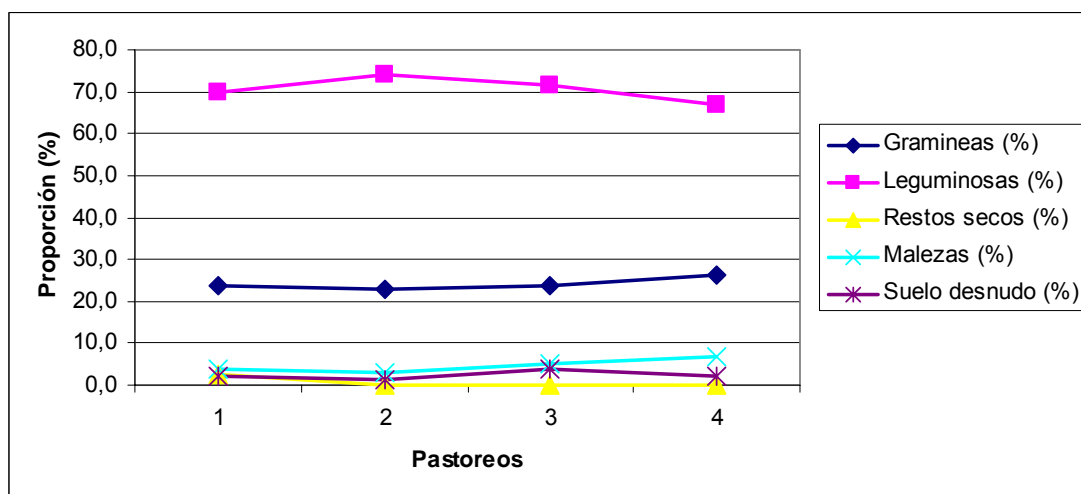


Figura No. 14. Evolución de la composición botánica en el tratamiento de 9,5% PV de asignación de forraje.

La fracción leguminosas tuvo una tendencia mínima a la baja en todos los tratamientos excepto en el tratamiento de 2,0% que fue más acentuada.

En el tratamiento de 2,0% PV de asignación de forraje, se aprecia una importante disminución del primer al segundo pastoreo, lo cual se puede deber a que al inicio del experimento el trébol blanco era la especie predominante de la mezcla. Esto determinó una mayor selección por parte de los animales hacia esta especie más palatable en desmedro del raigrás perenne y otras especies, generando consecuentemente un cambio en las proporciones de las demás fracciones. A su vez, en todos los tratamientos existe un leve descenso desde el segundo pastoreo en adelante, debido a la disminución de la frecuencia de pastoreo lo cual generó mayor sombreado y reducción de la ramificación. Por otra parte, el alto contenido inicial de trébol blanco en la pradera se puede deber a que esta especie se ve favorecida en el invierno, mientras que el raigrás se favorece más hacia la primavera.

En lo que respecta a la fracción gramíneas, se registró un leve aumento a lo largo de los sucesivos pastoreos en todos los tratamientos. El mayor aumento se registró en el tratamiento de 2,0% PV de asignación posiblemente debido a la menor competencia por luz ejercida por el trébol blanco, favoreciendo el macollaje del raigrás. Esto concuerda con lo mencionado por Casal et al. (1985), quien afirma que cuanto menor es la altura de la pastura (por ejemplo debido a una mayor intensidad de pastoreo), mayor entrada de luz hacia el interior del tapiz, lo que altera su calidad con el aumento de la relación rojo/rojo lejano en la base de la planta, aumentando así, el macollaje. Comparando las fracciones leguminosas y gramíneas a lo largo de los pastoreos, se observa que sus tendencias son inversas, disminuyendo el trébol blanco a la vez que aumenta el raigrás.

En cuanto al componente restos secos, para todos los tratamientos y a lo largo de todos los pastoreos, se mantuvo estable y a un nivel muy bajo. Una de las posibles causas pudo haber sido la baja acumulación de materia seca, no generando así material senescente de los distintos componentes de la pastura. Si bien los tratamientos de alta asignación de forraje acumulaban materia seca, los períodos de descanso no fueron tan prolongados como para permitir una excesiva acumulación de material senescente.

Las malezas presentaron un comportamiento diferencial entre los distintos tratamientos. Para los tratamientos de 2,0% y 4,5% PV de asignación, el enmalezamiento presentó un aumento a lo largo de los pastoreos. Esto puede ser explicado por el sobrepastoreo ejercido sobre estas parcelas lo que generó un aumento de las malezas.

A su vez Millot et al. (1987) menciona que con el pastoreo se alteran las relaciones de competencia entre los componentes de una pastura por un consumo diferencial de los mismos. Es conocida la rápida desaparición de hojas en los primeros días de pastoreo, así como la disminución en la proporción de leguminosas en un tapiz mixto y en general de todas las especies preferidas. En consecuencia, las plantas menos consumidas estarán en mejores condiciones de reservas y área foliar remanente para un rápido rebrote, por lo que paulatinamente se hará dominante en el tapiz.

El porcentaje de suelo desnudo para los tratamientos de 7,0 y 9,5% PV de asignación fue mínimo a lo largo de los sucesivos pastoreos a diferencia de los de 2,0% y 4,5% de asignación donde presentó un leve aumento. Esto está explicado por la mayor presión de pastoreo, es decir, una mayor cantidad de animales por unidad de superficie, generando una mayor degradación de la pastura por el pisoteo y un sobrepastoreo.

Si bien existen diferencias importantes con los resultados de Almada et al.<sup>1</sup>, estas pueden atribuirse a varias causas. Como primer punto el predominio de las gramíneas se debió al alto vigor inicial del raigrás pero luego de superado el período de establecimiento, el trébol logra un muy buen crecimiento y pasa a ser el componente principal en el segundo año de la pastura. La diferencia en los restos secos se atribuye casi exclusivamente a los diferentes manejos que se le realizaron a la pradera, siendo en el primer año un pastoreo más aliviado y en el segundo más intenso, no permitiendo la acumulación excesiva de forraje. Por otro lado, el enmalezamiento en el primer año es insignificante debido al control químico realizado para la siembra, mientras que en el segundo año no se realizaron manejos para el control de las malezas.

#### 4.8 PRODUCCIÓN ANIMAL

A continuación se presenta la ganancia media diaria (GMD) y la productividad por hectárea (kg de carne/há), para los distintos tratamientos y promedio para todo el período del experimento.

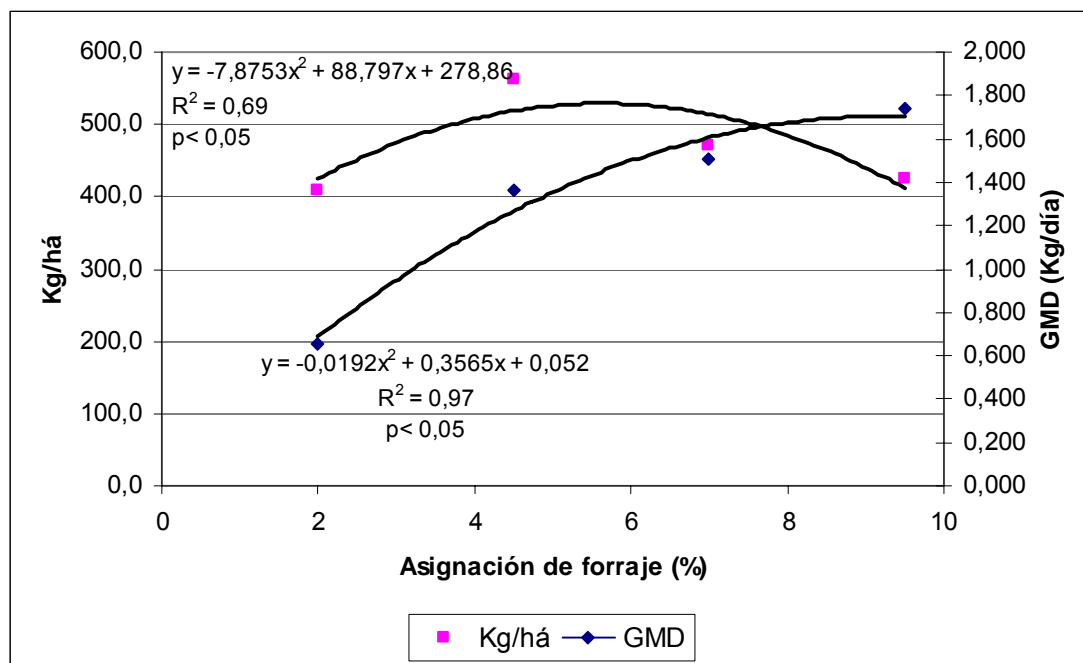


Figura No. 15. Ganancia media diaria promedio (Kg/animal/día) y producción de carne promedio (Kg/há) en función de los distintos tratamientos para todo el experimento.

Lo que se desprende de la gráfica coincide con lo observado por Mott (1960) que dice que cuando la carga es baja, la producción por animal es alta. Aumentos sucesivos en la carga provocan a partir de determinado momento, disminuciones en la ganancia individual. Esto se debe a que el forraje disponible comienza a limitar el consumo por animal y a incrementar la actividad del pastoreo por unidad de forraje consumido. 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 “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.

La similar producción de carne por hectárea obtenida para los tratamientos extremos, se puede explicar por la carga; a bajas asignaciones la cantidad de

animales compensa la menor ganancia individual, llegando a producir lo mismo que a altas asignaciones, que se caracterizan por un menor número de animales por unidad de superficie pero una mayor ganancia media diaria individual. Estas diferencias se pueden deber a que, el producto animal generado a partir de la pastura depende de la calidad y cantidad del forraje producido, de la forma o eficiencia de utilización del mismo, lo que a su vez se encuentra influenciado por la proporción de la oferta que es consumida y su digestibilidad, lo cual concuerda con lo que dice Raymond (1964). Por otro lado, el consumo y la selectividad animal bajo diferentes asignaciones de forraje, entre los factores antes mencionados, juegan un papel muy importante en la determinación de la productividad y la eficiencia global de los sistemas pastoriles, lo cual concuerda con lo expuesto por Viglizzo (1981), Gómez (1988), Hodgson (1990), Parsons et al. , citados por Cangiano et al. (1996), Elizalde (1999).

Las diferencias encontradas en las ganancias medias diarias para cada tratamiento están influenciadas por los siguientes factores. En primer lugar, a altas asignaciones los animales tienen posibilidad de seleccionar una dieta de alta calidad consumiendo bajas cantidades de forraje pero que les permite obtener altas ganancias. Esto es coincidente con lo dicho por Bianchi, citado por Carriquiry et al. (2002), quien señala que a mayores asignaciones de forraje (AF) se logran mayores ganancias de peso debido al mayor consumo y selección de una dieta de mejor calidad.

Los animales a bajas asignaciones se ven limitados en la posibilidad de seleccionar, consumiendo mayor cantidad de forraje de menor calidad, lo que afecta su performance individual. Con alta presión de pastoreo se reduce la selectividad, se deteriora la producción individual y se puede incrementar la producción por hectárea al lograrse una mayor eficiencia de utilización, lo que concuerda con lo expresado por Viglizzo (1981), Gómez (1988), Hodgson (1990), Elizalde (1999). Por último, si bien los animales manejados a bajas asignaciones hacen una mayor utilización del forraje, estos tienen mayores gastos energéticos en los procesos de cosecha, búsqueda y digestión del forraje consumido. En general, cuando el forraje es escaso, el tiempo de pastoreo se alarga, el número de bocados aumenta, pero el consumo por hora de pastoreo disminuye. Una típica observación, muy común, que proviene del pastoreo rotativo: cuando entra ganado a pastorear, en ese primer día las horas de pastoreo fueron de 7,7, pero ya en el segundo día subieron a 9,4 horas (Castle y Watkins, citados por Rovira, 2002). Cuando el animal tiene acceso a una pastura abundante y de muy buena calidad, es decir que el animal puede

comer a boca llena, esta registrado que con solamente 6 o 7 horas de pastoreo, puede cosechar el máximo que necesita para expresar su mayor potencial (Gómez, 1988). Además, debido al hecho de que a bajas asignaciones el forraje se vuelve limitante con anterioridad al resto de los tratamientos, es donde se registran los tiempos de descanso más prolongados, lo que concuerda con lo expresado por García et al.<sup>3</sup>

Los resultados obtenidos de ganancia media diaria concuerdan con los de Almada et al.<sup>1</sup>, en donde a mayores asignaciones, mejor es la performance individual de los animales. Por otro lado, la producción de carne obtenida no muestra la misma tendencia, ya que en este ensayo osciló entre los 400 y 600 kg/há, mientras que para el primer año de evaluación las producciones se encontraron entre los 700 y 1200 kg de carne/há. Estas diferencias son atribuibles en primera instancia a la mayor producción de materia seca de la pradera (principalmente raigrás) en el primer año de evaluación. Otros factores que pueden incidir en estos resultados son la composición de la dieta consumida y el manejo del pastoreo impuesto en ambos casos (diario vs. semanal).

A modo de resumen, se puede decir que hay un rango de asignaciones (5,6% - 6,8%) donde se permitiría una adecuada ganancia por animal y por hectárea, así como también un buen comportamiento de la pastura que no pondría en riesgo la persistencia de la misma.

#### 4.9 CONSIDERACIONES GENERALES

A bajas asignaciones (2,0% PV) se logran buenas producciones de carne por hectárea pero esto es en el mediano plazo contraproducente, ya que si bien se obtienen altos porcentajes de utilización del forraje se afectan los componentes de la mezcla sembrada, aumentando la proporción de malezas y de suelo desnudo, perjudicando la producción futura de la misma. A altas asignaciones (9,5% PV) la producción de carne obtenida es similar al caso anterior, pero implica la remoción del estrato alto de la pastura impidiendo así el pasaje de luz a los estratos inferiores, lo cual afecta el stand de plantas y por ende la producción futura de la pradera. Por lo tanto, se podría concluir que

---

<sup>3</sup> García, G.; García, L.; López, M. 2008. Efecto de la suplementación energética sobre la performance de novillos manejados sobre una mezcla de raigrás perenne bajo cuatro presiones de pastoreo (sin publicar).

ninguno de los dos extremos son aconsejables en cuanto a la mezcla evaluada sino que se debe encontrar el punto de equilibrio que permita obtener buenas producciones de carne y forraje, sostenidas en el tiempo.

La cantidad de forraje disponible mostró un aumento de aproximadamente 400 kg/há, al pasar de 2,0% a 7,0% de PV de asignación de forraje. Respecto al forraje remanente, éste aumentó 440 kg/há aproximadamente para el mismo incremento de asignación. No se obtuvieron diferencias significativas para ninguna de las dos variables mencionadas al pasar de 7,0% a 9,5% de asignación.

En cuanto a la altura del forraje disponible y la del remanente, ésta aumenta hasta 7,0% de asignación. Como consecuencia, se obtuvo una alta correlación positiva entre la altura del forraje y la cantidad de materia seca, tanto para el disponible como para el remanente.

La cantidad de forraje utilizado en los distintos tratamientos, no presentó diferencias significativas.

El porcentaje de utilización de forraje disminuyó linealmente a medida que aumentó la asignación de forraje.

La producción de materia seca mostró un comportamiento cuadrático, aumentando a medida que aumenta el porcentaje de asignación y alcanzó un máximo de 5199 kg/há a una asignación de 6,8%.

La mezcla forrajera en el segundo año fue predominada por trébol blanco con tal solo un 20% de raigrás perenne, lo cual determinó que se redujera en aproximadamente un 50% la producción de forraje y de carne por hectárea. Este comportamiento de la gramínea resultó más típico de un raigrás anual que el de un perenne bajo las condiciones climáticas y de manejo que se dieron durante el experimento.

En base a los resultados expuestos, con el fin de realizar un manejo sustentable en el tiempo, se recomienda manejar asignaciones de forraje cercano a 6 % del PV. Con estas asignaciones se logran obtener los mejores resultados en cuanto a producción de carne por hectárea (530 Kg/há), performance individual de los animales (1,450 kg/animal/día), un adecuado porcentaje de utilización (55%) y forraje utilizado (3900 Kg MS/há), sin afectar notoriamente la composición y producción de la pradera (5200 Kg MS/há).

## 5. CONCLUSIONES

El manejo de la asignación de forraje permitió incidir sobre la productividad y calidad de las pasturas así como sobre la performance animal.

Se constataron efectos de la asignación de forraje sobre la disponibilidad de materia seca y sobre el remanente luego de los pastoreos. Para ambas variables se obtuvo una alta correlación positiva con la altura del forraje.

La producción de materia seca mostró un comportamiento diferencial según la asignación, presentando una relación curvilínea con la misma. Por otro lado, la producción no fue la esperada, ya que se obtuvieron rendimientos menores a los obtenidos en el primer año de evaluación.

El porcentaje de forraje desaparecido mostró la tendencia esperada, disminuyendo a medida que aumentaba la asignación. En cuanto al forraje total desaparecido fue mayor a bajas asignaciones debido a la mayor carga que debía soportar la pastura, sin embargo no mostró diferencias significativas.

Tanto morfología, estructura y composición mostraron respuestas a las variaciones en la asignación de forraje. Contrariamente a lo que se esperaba, el trébol blanco presentó una respuesta cuadrática al aumento de la asignación, rechazándose la hipótesis de que con pastoreos intensos se ve beneficiada su producción y proporción en la mezcla.

Por último, al no ser la producción de materia seca la esperada, tampoco lo fue la producción animal, siendo inferior respecto a la del primer año. Los resultados obtenidos confirman la hipótesis de que a mayor asignación aumenta la performance individual. Por otro lado, la producción por hectárea, en respuesta a la ganancia media individual y a la carga por hectárea se ajusta a una función de respuesta cuadrática.

## 6. RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar la producción de forraje, composición botánica y producción animal de una pastura de segundo año en función de cuatro niveles de asignación de forraje. El experimento fue realizado en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía en el departamento de Paysandú (Latitud 32° 23' 31,6" S y Longitud 58° 02' 19,2" O), sobre una pradera compuesta por *Lolium perenne*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*. Los tratamientos consistieron en cuatro niveles de asignación de forraje (2,0%, 4,5%, 7,0% y 9,5% del peso vivo animal), utilizándose 37 novillos Holando de entre 2 y 3 años de edad. El método de pastoreo utilizado fue rotativo semanal y los tratamientos en las parcelas de cada bloque fueron asignados al azar. El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar generalizado, donde cada uno de los tres bloques fue subdividido en ocho parcelas para realizar los 4 tratamientos con 2 repeticiones en cada bloque. La disponibilidad de forraje de los tratamientos de 7,0% y 9,5% de asignación fueron significativamente mayores, lo cual se correspondió a su vez con una mayor altura del forraje. Los tratamientos de 2,0% y 4,5% vieron más resentida su producción a lo largo de los pastoreos pudiendo estar explicado esto por una menor área foliar remanente. Respecto al remanente, la cantidad del tratamiento de 9,5% de asignación de forraje fue significativamente mayor al igual que la altura del mismo, mientras que los valores más bajos tanto de cantidad como de altura se registraron en el tratamiento de 2,0% de asignación. En general, la altura promedio medida del remanente para los todos los tratamientos se puede definir como adecuada respecto a las especies que componen la mezcla. Para la utilización de forraje, se encontró un máximo de utilización a una asignación de forraje de 4,5% y un mínimo a 9,5% de asignación. En cuanto al porcentaje de utilización, se registró una disminución progresiva de éste a medida que aumentó el nivel de asignación de forraje. Como ejemplo de esto, para el tratamiento de 2,0% el mayor porcentaje de utilización está dado por el escaso forraje disponible y la alta carga animal, teniendo los animales una menor posibilidad de selección. La producción de materia seca aumentó conforme aumentó el porcentaje de asignación de forraje, encontrándose un máximo a un 6,8% de asignación. El raigrás perenne no mostró un comportamiento perenne como era esperado, ya que se vio perjudicado por las condiciones hídricas y climáticas del verano y otoño anterior que provocaron una disminución de su proporción en la mezcla. Para todos los tratamientos, las leguminosas fueron las que se encontraron en mayor proporción, oscilando entre un 50% y un 70% del total respecto al resto de los componentes relevados. Para el tratamiento de 2,0% de asignación las gramíneas mostraron una proporción significativamente mayor respecto al resto de los tratamientos, no encontrándose diferencias significativas entre estos

últimos. El tratamiento de 7,0% de asignación mostró una proporción de leguminosas significativamente mayor al resto de los tratamientos, mientras que el tratamiento de 2,0% presentó la menor proporción. Por otra parte la evolución de la fracción leguminosas a lo largo del experimento tuvo una marcada tendencia a la baja en el tratamiento de 2,0% de asignación, mientras que en el resto de los tratamientos se mantuvo mas o menos constante. Para la producción animal se encontró que en un rango de asignaciones entorno al 6,0%, se logran adecuadas ganancias individuales, manteniendo una buena producción por hectárea y cuidando al mismo tiempo la persistencia de la pastura.

Palabras clave: Asignación de forraje; Producción animal; Composición botánica; Producción de forraje; Novillos Holando; Pradera.

## 7. SUMMARY

The main objective of this research is to evaluate the forage production, botany composition and the animal production of a second year pasture due to four different levels of forage assignation. This project took place in the Research Station Dr. Mario A. Cassinoni that belongs to the Agronomy University in Paysandú, Uruguay (Latitude 32° 23'31,6" S and Longitude 58° 02'19,2" W) over an improved pasture composed by *Lolium perenne*, *Trifolium repens* and *Lotus corniculatus*. The treatments consisted of four levels of forage assignation (2,0%; 4,5%; 7,0% and 9,5% of live animal weight), using 37 Holstein steers within 2 or 3 years old of age. The grazing method used was a rotation system and the treatments in the plots for each block were randomly assigned. The statistic experimental design was of random complete blocks generalized, where each of the three blocks was subdivided in eight plots to achieve the four treatments with two repetitions in each block. The available forage in the 7,0% and 9,5% treatments was significantly greater, that corresponds with a bigger height of itself. The 2,0% and 4,5% treatments production was resented along the forage grazing, what could be explained due to the fact of a lower remnant foliate area. As to the remnant, the amount of forage in the 9,5% treatment was significantly bigger, as was its height, meanwhile the lowest values of quantity and height were registered in the 2,0% treatment. Overall, the average remnant height measured, for all the treatments, can be considered adequate for the species that belong to the forage mixture. For the forage use, the maximum of it was found in the 4,5% treatment, and the minimum in the 9,5% treatment. As for the forage use percentage, a progressive decrease was registered as long as the forage assignation level rose. An example of this is that for the 2,0% treatment the forage use percentage was the highest due to the low available forage and the high animal rate, giving the animals a low possibility of selection. The biomass production increased as long as the forage assignation rose, locating a maximum at a 6,8% of assignation. The perennial ryegrass didn't show a perennial behavior as it was expected, because it was affected by the environmental conditions of the past summer and fall, that provoked a decrease of its proportion in the pasture. The legumes were the ones found in the greater proportion in all the treatments, oscillating between 50% and 70%, comparing with all the other compounds evaluated. For the 2,0% treatment the grasses shows a significantly bigger proportion than in the other treatments, between wich there are not significant differences. The 7,0% treatment shows a significant greater proportion of legumes than the rest of the treatments, meanwhile the 2,0% treatment has the lowest proportion. On the other side, during the experiment, the evolution of the legumes had a downwards tendency for the 2,0% treatment, while for the other ones it remained relatively constant. It was found for the animal production that in a

range around a 6% assignation you get an adequate individual gain, keeping a good production per hectare while watching the pasture persistence.

Key words: Forage assignation; Animal production; Botany composition; Forage production; Holstein steers; Improved pasture.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. AGNUSDEI, M.; COLABELLI, M.; MAZZANTI, A; LAVREVEUX, M. 1998. Fundamentos para el manejo de pastizales y pasturas cultivadas de la pampa húmeda bonaerense. INTA Balcarce. Boletín Técnico no. 147. 16 p.
2. ALDAMA LOPEZ de HARO, A. A.; SALLE de LEON, M. J.; VIDART, D. 2003. Asignación de forraje y restricción del tiempo de pastoreo en primavera sobre vacas lecheras en praderas permanentes. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 113 p.
3. ALLDEN, W. G.; WHITTAKER, I. A. McD. 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep: Interrelationship of factors influencing herbage intake availability. Australian Journal of Agricultural Science. 21(5): 755-766.
4. ALLEGRI, M. 1982. Algunas consideraciones sobre la investigación en la utilización de pasturas. Montevideo, CIAAB. pp. 1-3.
5. ARIAS, J. E.; DOUGHERTY, C. T.; BRADLEY, N. W.; CORNELIUS, P. L.; LAURIAULT, L. M. 1990. Structure of tall fescue swards and intake of grazing cattle. Agronomy Journal. 82: 545 - 548.
6. AVENDAÑO, J. C.; BOREL, R.; CUBILLOS, G. 1986. Periodo de descanso y asignación de forraje en la estructura y utilización de varias especies de una pradera naturalizada. Turrialba. 36 (2): 137-148.
7. BALDI, F.; FERNÁNDEZ, J.; GÓMEZ, F. 2001. Efecto de la suplementación energética y distintos niveles de asignación de forraje sobre la performance de novillos Hereford pastoreando praderas permanentes durante el verano. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 75 p.

8. BARTABURU, S.; COOPER, P.; LANFRANCONI, M.; OLIVERA, L. 2003. Efecto de la suplementación con grano de maíz entero o molido y de la asignación de forraje sobre la performance de novillos Hereford pastoreando pasturas de calidad en el período otoño-invernal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 81 p.
9. BARTHAM, G. T.; BOLTON, G. R.; ELSTON, D. A. 1999. The effects of cutting intensity and neighbour species on plants of *Lolium perenne*, *Poa annua*, *Poa trivialis* and *Trifolium repens*. *Agronomie*. 19 (6): 445-456.
10. BETÍN, M. 1975. Perennial ryegrass and its cultivars. *Fourrages*. 64: 167-172.
11. BIANCHI, J. L. 1982. Relación de distintos parámetros de la pastura con el consumo y ganancia de peso de novillos en pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 83 p.
12. BRANCATO, A.; PANISSA, R. J.; RODRÍGUEZ, H. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el período primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 84 p.
13. BRISKE, D. 1996. Strategies of plant survival in grazed systems: a functional interpretation. In: Hodgson, J.; Illius, A.W. eds. *The ecology and management of grazing systems*. Wallingford, UK, CABI. pp. 37-67.
14. BROUGHAM, R. W. 1956. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. *Australian Journal of Agricultural Research*. 7 (5): 377-387.
15. BUXTON, D. R.; HORNSTEIN, J. S.; WEDIN, W. F.; MARTEN, G. C. 1985. Forage quality in stratified canopies of alfalfa, birdsfoot trefoil, and red clover. *Crop Science*. 25: 273-279.

16. CAMLIN, M. S. 1982. Competitive ability of cultivar of perennial ryegrass (*Lolium perenne*). Occasional Symposium of the British Grass Lands Society. (13): 137-142. Tomado de: Herbage Abstracts. 52 (8): 3390. 1982.
17. CANGIANO, C.; ESCUDER, C.; GALLI, J.; GOMEZ, P. y ROSSO, O. 1996. Producción animal en pastoreo. INTA Balcarce. s.p.
18. CARÁMBULA, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 464 p.
19. \_\_\_\_\_. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. Montevideo, Uruguay, INIA. 46 p. (Serie Técnica no. 19).
20. \_\_\_\_\_. 1997. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 524 p.
21. \_\_\_\_\_.; TERRA, J. A. 2000. Las sequías; antes, durante y después. Montevideo, Uruguay, INIA. 133 p. (Boletín de Divulgación no. 74).
22. \_\_\_\_\_. 2002. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.
23. \_\_\_\_\_. 2004. Pasturas y forrajes; manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.3, 413 p.
24. CARLSON, G. E.; GIBSON, P. B.; BALTENSBERGER, D. D. 1985. White clover and other perennial clovers. In: Heath, M. E.; Barnes, R. F.; Metcalfe, D. S. eds. Forages; the science of grassland agriculture. 4<sup>th</sup> ed. Ames, USA, Iowa State University Press. pp. 118-127.
25. CARRIQUIRY, J.; NORMEY, R.; PARDIÑAS, P. 2002. Efecto de la suplementación con grano de maíz entero o molido y de la asignación de forraje sobre la performance de novillos Hereford pastoreando

pasturas de calidad en el período otoño – invernal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 88 p.

26. CASAL, J. J.; DEREGIBUS, V. A.; SÁNCHEZ, R. A. 1985. Variation in tiller dynamics and morphology in *Lolium multiflorum* Lam. vegetative and reproductive plants as affected by differences in red/far-red irradiation. *Annals of Botany*. 56 (4): 553–559.
27. COLLINS, M. 1982. Yield and quality of birdsfoot trefoil stockpiled for summer utilization. *Agronomy Journal*. 74: 1036-1041.
28. CREMPIEN, C. L. 1995. Antecedentes técnicos y metodología básica para utilizar en presupuestación en establecimientos ganaderos. Bovinos para carne y ovinos. 2ª ed. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 72 p.
29. 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.
30. CHACON, E. A.; STOBBS, T.H.; DALE, M. B. 1978. Influence of sward characteristics on grazing behavior and growth of Hereford steers grazing tropical grass pastures. *Australian Journal of Agricultural Research*. 29 (1): 89 – 102.
31. CHAPÍN III, F. S.; BLOOM, A. J.; FIELD, B. C.; WARING, R. H. 1987. Plant-responses to multiple environmental factors. *BioScience*. 37 (1): 49-57.
32. CHAPMAN, D. F.; LEMAIRE, G. 1993. Morfogenetic and structural determinants of plants regrowth after defoliation. In: *International Grassland Congress (12<sup>th</sup>., 1993, New Zealand)*. Proceedings. s.n.t. pp. 95-104.

33. CHILIBROSTE, P. 1998. Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero en pastoreo; predicción del consumo. In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (26<sup>a</sup>., 1998, Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 1-7.
34. \_\_\_\_\_. 2002. Integración de patrones de consumo y oferta de nutrientes para vacas lecheras en pastoreo durante el período otoño – invernal. In: Congreso Latinoamericano de Buiatría (10), Jornadas Uruguayas de Buiatría (30as., 2002, Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 90-96.
35. DALLEY, D. E.; ROCHE, J. R.; GRAINGER, C.; MOATE, P. J. 1999. Dry matter intake, nutrient selection and milk production of dairy cows grazing rainfed perennial pasture at different herbage allowances in spring. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 39 (8): 923-931.
36. DAMONTE, I.; IRAZABAL, G.; REINANTE, R.; SHAW, M. 2004. Efecto de la asignación de forraje y de la suplementación con grano de maíz entero o molido sobre la performance de novillos Hereford pastoreando verdes durante el otoño. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 139 p.
37. DAVIES, A. 1965. Carbohydrate levels and regrowth in perennial ryegrass. *Journal of Agricultural Science*. 65: 213-221.
38. DONAGHY, D. J.; FULKERSON, W. J. 1998. Priority for allocation of water-soluble carbohydrate reserves during regrowth of *Lolium perenne*. *Grass and Forage Science*. 53 (3): 211-218.
39. DONALD, C. M. 1963. Competition among crop and pasture plants. *Advances in Agronomy*. 15 (1): 1-118.
40. DOUGHERTY, C. T.; LAURIAULT, L. M.; CORNELIUS P. L.; BRADLEY, N. W. 1989. Herbage allowance and intake of cattle. *Journal of Agricultural Science*. 112: 395 – 401.

41. ELGERSMA, A.; NASSIRI, M.; SCHLEPERS, H. 1998a. Competition in perennial ryegrass-white clover mixtures under cutting. 1. Dry-matter yield, species composition and nitrogen fixation. *Grass and Forage Science*. 53 (4): 353-366.
42. \_\_\_\_\_; NASSIRI, M. 1998b. Competition in perennial ryegrass-white clover mixtures under cutting. 2. Leaf characteristics, light interception and dry-matter production during regrowth. *Grass and Forage Science*. 53 (4): 367-379.
43. ELIZALDE, J. 1999. Suplementación con granos en la producción de carne en animales en pastoreo. *In*: Congreso Nacional para Productores y Profesionales (2o., 1999, Palermo). Forrajes y granos. s.n.t. pp. 67–93.
44. EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, M. P. 1995. Avaliação de ecotipos de *Panicum maximum* sob pastejo em pequenas parcelas. *In*: Reuniao Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (32<sup>a</sup>., 1995, Brasília). Trabalhos apresentados. Brasília, Sociedade Brasileira de Zootecnia. pp. 97-99.
45. FORBES. T. D. A. 1988. Researching the plant–animal interface: the investigate of ingestive behaviour in grazing animals. *Journal of Animal Science*. 66 (9): 2269-2279.
46. FORMOSO, F. A. 1995. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. *In*: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 1-19. (Serie Técnica no. 80).
47. FREER, M. 1981. The control of food intake by grazing animal. *In*: Morley, F. H. W. ed. Amsterdam, Elsevier. pp. 105-124.
48. FULKERSON, W. J.; SLACK, 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 (1): 16-20.

49. GARCÍA, M.; GONZALEZ, O.; QUEHEILLE, F. 2005. Efectos de la fertilización nitrogenada y la intensidad de pastoreo sobre los componentes de la producción de forraje de *Stipa setigera* en campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 141 p.
50. GASTAL, F.; BÉLANGER, G.; LEMAIRE, G. 1992. A model of the leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. *Annals of Botany*. 70: 437-442.
51. \_\_\_\_\_; LEMAIRE, G.; LESTIEMME, F. 2004. Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilization. *In*: Simposio em Ecofisiologia das Pastagens e Ecologia do Pastejo (2º, 2004, Curitiba). Trabajos presentados. s.n.t. 1 disco compacto, 8 mm.
52. GOMEZ, P. 1988. Engorde de novillos en pastoreo, uso estratégico de la suplementación. *In*: Crecimiento. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 73- 101.
53. GRANT, S.A.; BARTHAM, G. I.; TORVELL, L. 1981. Components of regrowth in grazed and cut *Lolium multiflorum* swards. *Grass and Forage Science*. 36: 155-168.
54. GREENHALGH, J. F. D.; MCDONALD, P.; EDWARDS, R. A. 1966. Animal nutrition. Edinburgh, Oliver and Boyd. 407 p.
55. \_\_\_\_\_; REID, G. W.; AITKEN, J. N.; FLORENCE, E. 1996. The effects of grazing intensity on herbage consumption and animal production. *Journal of Agricultural Science*. 67: 13-23.
56. GUERRERO, J. N. 1984. Prediction of animal performance on bermudagrass pasture from available forage. *Agronomy Journal*. 76: 577-580.

57. HARRIS, W.; THOMAS, V. J. 1973. Competition among pasture plants III. Effect of frequency and height cutting on competition between white clover and two ryegrass cultivars. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 16 (1): 49-58.
58. \_\_\_\_\_; LAZENBY, A. 1974. Competitive interaction of grasses with contrasting temperature responses and water stress tolerances. *Australian Journal of Agricultural Research*. 25 (2): 227-246.
59. HEITSCHMIDT, R. K. 1984. Vegetation and cow-calf response to rotational grazing at the Texas experimental ranch. *Journal of Range Management*. 40: 216-223.
60. HODGSON, J.; TAYLER, J. C.; LONSDALE, C. R. 1971. The relationship between intensity of grazing and the herbage consumption and growth of calves. *Grass and Forage Science*. 26 (4): 231-238.
61. \_\_\_\_\_. 1981. Variations in the surface characteristics of the sward and the short-term rate of herbage intake by calves and lambs. *Grass and Forage Science*. 36 (1): 49-57.
62. \_\_\_\_\_. 1984. Sward conditions, herbage allowance and animal production: in evaluation of research results. *Proceedings of New Zealand Society of Animal Production*. 44: 99-104.
63. \_\_\_\_\_. 1990. *Grazing management; science into practice*. Essex, England, Longman. cap. 3, pp. 6-24.
64. HUDSON, R. J.; RICHMOND, R. J.; CHRISTOPHERSON, R. 1977. Comparison of forage intake and digestibility by american bison, yak and cattle. *Acta Theriologica*. 22 (9-19): 225-230.
65. HUTCHINSON, K. J.; KING, K. L.; WILKINSON, D. R. 1995. Effects of rainfall, moisture stress, and stocking rate on the persistence of white

clover over 30 years. Australian Journal of Experimental Agriculture. 35 (7): 1039-1047.

66. HUTHINGS, M.; DE KROON, H. 1994. Foraging in plants: the role of morphological plasticity in resource acquisition. *Advances in Ecological Research*. 25: 159-238.
67. JAMIESON, W. S.; HODGSON, J. 1979. The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves under strip-grazing management. *Grass and Forage Science*. 34 (4): 261-271.
68. JOHNS, G. G. 1974. A soil water use relationship for incorporation in model simulation of dryland herbage production. In: International Grassland Congress (12<sup>th</sup>., 1974, Moscow). Proceedings. s.n.t. cap. 2, pp. 659-666.
69. JONES, R. J.; GRIFFITHS, D. J.; WAITE, R. B.; FERGUS, I. F. 1968. The production and persistence of grazed irrigated pasture mixtures in south-eastern Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 8 (31): 177-189.
70. JONES, S. R.; SANDLAND, R. L. 1974. The relation between animal gain and stocking rate. Derivation of the selection from the results of grazing trials. *Journal of Agricultural Science*. 83 (2): 335-342.
71. KEMP, D. R.; DOWLING, P. M. 2000. Towards sustainable temperate perennial pastures. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 40 (2): 125-132.
72. KRYSL, L. J.; HESS, B. W. 1993. Influence of supplementation on behavior of grazing cattle. *Journal of Animal Science*. 71 (9): 2546-2555.
73. KWS ARGENTINA. 2008. Catálogo. (en línea). Buenos Aires. Consultado en 20 ago. 2008. Disponible en

<http://www.kws.de/aw/KWS/argentina/Productos/Forrajeras/~busy/Rai/gras>

74. LANGER, R. H. M. 1981. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 524 p.
75. LEMAIRE, G. 1997. The physiology of grass growth under grazing; tissue turnover. In: International Symposium on Animal Production under Grazing (1o., 1997, Viscosa). Proceedings. Viscosa, Universidad Federal de Viscosa. pp. 117-144.
76. LUCAS, H. L. 1963. Determination of forage yield and quality from animal responses. Miscelánea USDA. no. 940: 43-54.
77. McMEEKAN, C. P. 1961. Grazing management. In: International Grassland Congress (8<sup>th</sup>, 1961, Reading). Proceedings. Reading, s.e. pp. 21-27.
78. MANNETJE, L't.; HAYDOCK, K. P. 1963. The dry-weight-rank method for the botanical analysis of pasture. Journal of the British Grassland Society. 18: 268-275.
79. MARSH, R. 1979. Effect of herbage DM allowance on the immediate and long term performance of young Friesian steers at pasture. New Zealand Journal of Agricultural Research. 22 (2): 209-219.
80. MAZZANTI, A.; LEMAIRE, G. 1994. Effect AF nitrogen fertilization on herbage production AF toll fescue swards continuously grazed by sheep. 2. Consumption and efficiency AF herbage utilization. Grass and Forage Science. 49 (3): 353-359.
81. MILLOT, J. C.; RISSO, D.; METHOL, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos en áreas ganaderas del Uruguay. Montevideo, FUCREA. 199 p.

82. MITCHLEY, J.; WILLEMS, J. H. 1995. Vertical canopy structure of Dutch chalk grasslands in relation to their management. *Plant Ecology Journal*. 117 (1): 17-27.
83. MORRIS, S. T.; HIRSCHBERG, S. W.; MICHEL, A.; PARKER, W. J.; McCUTCHEON. 1993. Herbage intake and live weight gain of bulls and steers continuously stocked at fixed sward heights during autumn and spring. *Grass and Forage Science*. 48 (2): 109-117.
84. MOTT, G. O. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: International Grassland Congress (8<sup>th</sup>., 1960, Oxford). Proceedings. s.n.t. pp. 606–611.
85. MUNRO, J. M.; DAVIES, D. A. 1973. Potencial pasture production in the uplands of Wales. 2. Climatic limitations on productions. *Grass and Forage Science*. 28 (3): 161-170.
86. \_\_\_\_\_.; WALTERS, R. J. 1986. The feeding value of grass. In: Frame, J. ed. *Grazing*. Great Malvern, UK, British Grassland Society. pp. 65-78. (Occasional Symposium no. 19).
87. MURSAN, A.; HUGHES, T. P.; NICOL, A. M.; SUGIURA, T. 1989. The influence of sward height on the mechanics of grazing in steers and bulls. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 49: 233-236.
88. NABINGER, C. 1996. Eficiencia do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: Simposio sobre Manejo da Pastagem (14<sup>o</sup>., 1997, Piracicaba). *Fundamentos do pastejo rotacionado*. Piracicaba, Brasil, ESALQ. pp. 213-251.
89. OLMOS, F. 2004. Factores que afectan la persistencia y productividad de pasturas mejoradas con trébol blanco. Montevideo, Uruguay, INIA. 245 p. (Serie Técnica no. 145).

90. PARSONS, A. J; HARVEY, A.; WOLEDGE, J. 1991. Plant-animal interactions in a continuously grazed mixture. 1. Differences in the physiology of leaf expansion and the fate of leaves of grass and clover. *Journal of Applied Ecology*. 28: 619-634.
91. PEACOCK, J. M. 1975. Temperature and leaf growth in *Lolium perenne*. I. The thermal microclimate: its measurement and relation to plant growth. *Journal of Applied Ecology*. 12: 115- 123.
92. PEARCE, R. B.; BROWING, R. H.; BLASER, R. E. 1965. Relationships between leaf area index, light interception and net photosynthesis in orchardgrass. *Crop Science*. 5: 553-556.
93. PEREIRA, M. 2007. ¿Qué Lotus sembrar?. *Revista del Plan Agropecuario*. 122: 36-38.
94. PINEIRO, J.; HARRIS, W. 1978. Performance of mixtures of ryegrass cultivars and prairie grass with red clover cultivars under two grazing frequencies. I. Herbage production in the establishment year. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 21: 83–92.
95. RAYMOND, W. F. 1964. The efficient use of grass. *The Proceedings of the Nutrition Society*. 23: 54-62.
96. RHODES, I. 1969. The yield, canopy structure, and light interception of two ryegrass varieties in mixed culture and monoculture. *Journal of the British Grassland Society*. 24: 123-127.
97. RIEWE, M. E.; SMITH, J. C.; JONES, H. J.; HOLT, E. C. 1962. Grazing production curves. II. Comparison of steer gains on gulf ryegrass and tall Fescue. *Agronomy Journal*. 55: 367–369.
98. RISSO, D. F.; ZARZA, A. R. 1981. Producción y utilización de pasturas para engorde. *Miscelánea CIAAB*. no. 28: 7–27.

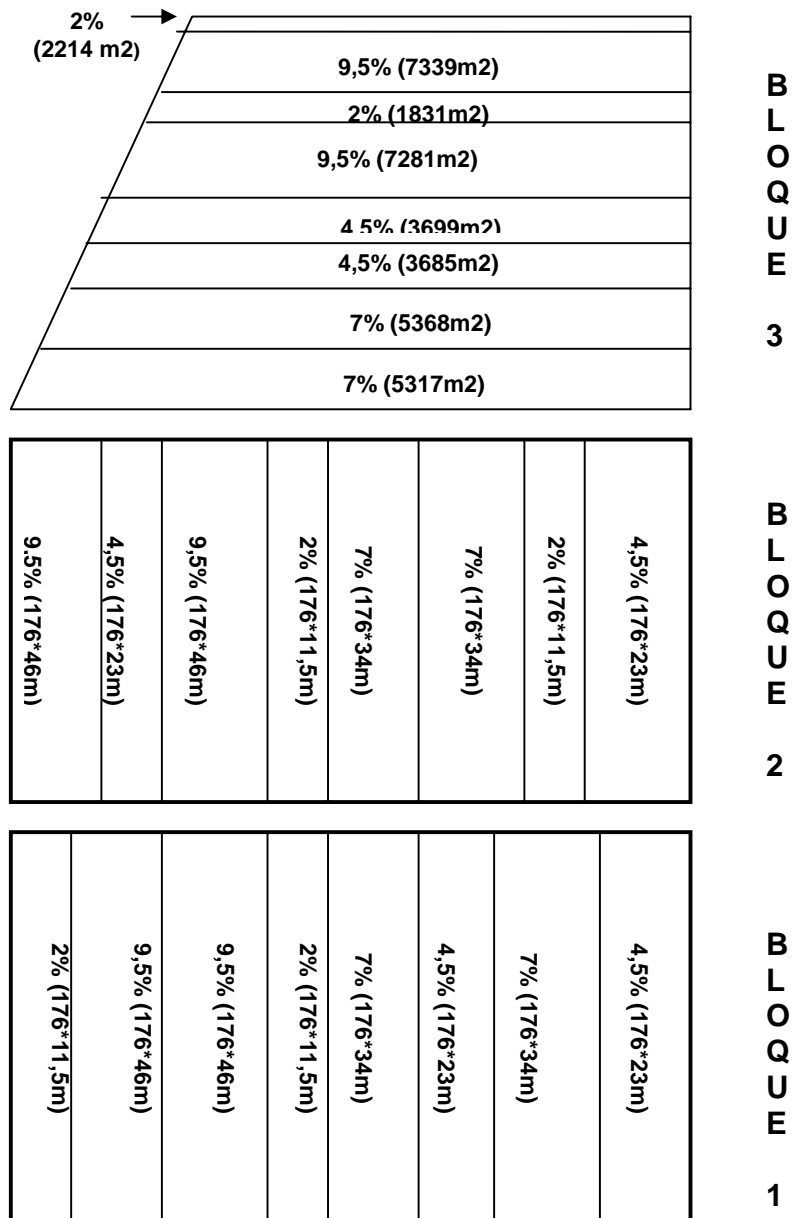
99. ROVIRA, J. 2002. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Reimp. Montevideo. Hemisferio Sur. 288 p.
100. SIMON, J. C.; LEMAIRE, G. 1987. Tillering and leaf area index in grasses in the vegetative phase. *Grass and Forage Science*. 42 (4): 373-380.
101. SMETHAM, M. L. 1973. Grazing management. In: Langer, R. H. M.; Reed, A. H.; Reed, A. W. eds. Pastures and pasture plants. Wellington, Nueva Zelandia, s.e. pp. 209-270.
102. TEUBER, N.; LAIDLAW, A. S. 1996. Influence of irradiance on branch growth of white clover stolons in rejected areas within grazed swards. *Grass and Forage Science*. 51 (1): 73-80.
103. THOM, E. R.; BRYANT, A. M. 1993. Effects of grazing management on grass tiller density characteristics of a ryegrass-white clover dairy pasture. In: International Grassland Congress (17th., 1993, Palmerston North). Proceedings. Palmerston North, Keeling and Mundy. pp. 877-899.
104. VELASCO, M. E.; HERNÁNDEZ, A.; GONZÁLEZ, V. A. 2005. Rendimiento y valor nutritivo del ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Técnica Pecuaria en México. 43 (2): 247-258.
105. VIGLIZZO, E. F. 1981. Dinámica de los sistemas pastoriles de producción lechera. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. 125 p.
106. WALDO, D. 1986. Effect of forage quality on intake and forage - concentrate interaction. *Journal of Dairy Science*. 69 (2): 617-631.
107. WALES, W. J.; DOYLE, P. T.; DELLOW, D. W. 1998. Dry matter intake, nutrient selection by lactating cows grazing irrigated pastures at

different pasture allowances in summer and autumn. Australian Journal of Experimental Agriculture. 38 (5): 451-460.

108. WHEELER, J. L. 1962. Experimentation in grazing management. Herbage Abstracts. 32: 1-7.
109. ZANONIANI, R. A.; DUCAMP, F. 2004. Leguminosas forrajeras del género Lotus en el Uruguay. Cangüé. no. 25: 5-11.
110. \_\_\_\_\_.; BOGGIANO, P.; CADENAZZI, M.; SILVEIRA, D. 2006. Evaluación de cultivares de raigrás bajo distintas intensidades de pastoreo. In: Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul. Grupo Campos (21<sup>a</sup>., 2006, Pelotas). Trabajos presentados. s.n.t. 1 disco compacto, 8 mm.
111. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2008. Efecto de la asignación de forraje y la suplementación energética invernal sobre la productividad de una pastura de primer año. In: Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul. Grupo Campos (23<sup>a</sup>., 2008, Minas). Trabajos presentados. s.n.t. 1 disco compacto, 8 mm.

## 9. ANEXOS

Anexo No. 1: Mapa de parcelas del experimento.



Superficie de cada bloque y total (m2)

<b>BLOQUE</b>	<b>Área (m2)</b>
<b>1</b>	40304
<b>2</b>	40304
<b>3</b>	36734
<b>Total</b>	<b>117342</b>

Duración de los distintos pastoreos

<b>BLOQUE</b>	<b>Fecha de entrada</b>	<b>Fecha de salida</b>	<b>Total días de pastoreo</b>
<b>3</b>	29-Jul	05-Ago	23
<b>2</b>	06-Ago	13-Ago	
<b>1</b>	14-Ago	20-Ago	
<b>3</b>	21-Ago	16-Sep	45
<b>2</b>	17-Sep	23-Sep	
<b>1</b>	24-Sep	04-Oct	
<b>3</b>	05-Oct	08-Oct	17
<b>2</b>	09-Oct	15-Oct	
<b>1</b>	16-Oct	21-Oct	
<b>3</b>	22-Oct	28-Oct	22
<b>2</b>	29-Oct	05-Nov	
<b>1</b>	05-Nov	12-Nov	

Anexo No. 2: Análisis de varianza y Prueba de Tukey para la variable disponibilidad de forraje.

The SAS System  
The GLM Procedure

Dependent Variable: DISPONIBILIDAD

Source	DF	Squares	Mean Square	Sum of F Value	Pr > F
Model	21	7202682.31	342984.87	3.27	0.0007
Error	38	3983180.33	104820.53		
Corrected Total	59	11185862.64			

R-Square    Coeff Var  
0.643909    21.01420

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BL	2	138147.779	69073.890	0.66	0.5232
OF	3	1721852.218	573950.739	5.48	0.0032

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for DISPONIBILIDAD  
Type II error rate than REGWQ.

Minimum Significant Difference    317.6

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	OF
A	1710.5	15	7
A	1688.4	15	9.5
B A	1464.8	15	4.5
B	1299.0	15	2

Anexo No. 3: Análisis de varianza y Prueba de Tukey para la variable altura del disponible.

The SAS System  
The GLM Procedure

Dependent Variable: ALTURA DEL DISPONIBLE

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	17	459.6546976	27.0385116	3.86	0.0010
Error	26	182.0751441	7.0028902		
Corrected Total	43	641.7298417			

R-Square    Coeff Var  
0.716274    22.87154

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BL	2	8.3358597	4.1679298	0.60	0.5588
OF	3	220.8826063	73.6275354	10.51	0.0001

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for ALTURA DEL DISPONIBLE  
Type II error rate than REGWQ.

Minimum Significant Difference    3.0955

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	OF
A	13.530	11	7
A	13.526	11	9.5
B A	10.965	11	4.5
B	8.259	11	2

Anexo No. 4: Análisis de varianza y Prueba de Tukey para la variable remanente de forraje.

The SAS System  
The GLM Procedure

Dependent Variable: REMANENTE

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	17	3484241.397	204955.376	2.58	0.0126
Error	28	2220718.260	79311.366		
Corrected Total	45	5704959.657			

R-Square    Coeff Var  
0.610739    32.21219

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BL	2	279513.988	139756.994	1.76	0.1902
OF	3	2066723.049	688907.683	8.69	0.0003

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for REMANENTE  
Type II error rate than REGWQ.

Minimum Significant Difference    321.66

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	OF
A	1176.1	12	9.5
B A	972.6	12	7
C B	762.9	12	4.5
C	527.7	10	2

Anexo No. 5: Análisis de varianza y Prueba de Tukey para la variable altura del remanente.

The SAS System  
The GLM Procedure

Dependent Variable: ALTURA DEL REMANENTE

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	16	265.9936847	16.6246053	6.58	<.0001
Error	28	70.7592839	2.5271173		
Corrected Total	44	336.7529686			

R-Square    Coeff Var  
0.789878    21.60950

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BL	2	0.6625203	0.3312601	0.13	0.8777
OF	3	244.3246523	81.4415508	32.23	<.0001

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for ALTURA DEL REMANENTE  
Type II error rate than REGWQ.

Minimum Significant Difference    1.8443

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	OF
A	9.8204	12	9.5
A	8.7050	12	7
B	6.3454	12	4.5
C	3.6211	9	2

Anexo No. 6: Análisis de varianza y Prueba de Tukey para la variable forraje utilizado.

The SAS System  
The GLM Procedure

Dependent Variable: FORRAJE DESAPARECIDO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	17	4162935.579	244878.563	1.39	0.2125
Error	28	4922572.641	175806.166		
Corrected Total	45	9085508.220			

R-Square    Coeff Var  
0.458195    55.09544

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BL	2	722321.446	361160.723	2.05	0.1471
OF	3	306150.776	102050.259	0.58	0.6327

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for FORRAJE UTILIZADO

Type II error rate than REGWQ.

Minimum Significant Difference    478.9

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	OF
A	865.8	12	7
A	766.8	10	2
A	766.6	12	4.5
A	645.9	12	9.5

Anexo No. 7: Análisis de varianza y Prueba de Tukey para la variable porcentaje de utilización de forraje.

The SAS System  
The GLM Procedure

Dependent Variable: PORCENTAJE DE FORRAJE DESAPARECIDO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	13	5563.80433	427.98495	1.58	0.1743
Error	20	5426.26559	271.31328		
Corrected Total	33	10990.06992			

R-Square    Coeff Var  
0.506257    40.88051

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BL	2	2426.833240	1213.416620	4.47	0.0248
OF	3	3158.782912	1052.927637	3.88	0.0245

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN  
Type II error rate than REGWQ.

Minimum Significant Difference    22.496

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	OF
A	65.293	7	2
B A	57.504	9	4.5
B A	54.466	9	7
B	43.057	9	9.5

Anexo No. 8: Análisis de varianza y Prueba de Tukey para las variables de la composición botánica.

The SAS System  
The GLM Procedure

Dependent Variable: PORCENTAJE DE GRAMÍNEAS

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	21	1956.506369	93.166970	5.28	<.0001
Error	34	599.602917	17.635380		
Corrected Total	55	2556.109286			

R-Square    Coeff Var  
0.765424    18.66719

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BL	2	178.521250	89.260625	5.06	0.0119
OF	3	491.740985	163.913662	9.29	0.0001

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for PORCENTAJE DE GRAMÍNEAS  
Type II error rate than REGWQ.

Minimum Significant Difference    4.2868

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	OF
A	27.239	14	2
B	22.789	14	9.5
B	20.282	14	7
B	19.675	14	4.5

Dependent Variable: PORCENTAJE DE LEGUMINOSAS

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	21	3149.579182	149.979961	4.95	<.0001
Error	34	1030.450417	30.307365		
Corrected Total	55	4180.029598			

R-Square    Coeff Var  
0.753483    8.111984

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BL	2	298.070417	149.035208	4.92	0.0133
OF	3	1123.161705	374.387235	12.35	<.0001

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for PORCENTAJE DE LEGUMINOSAS  
Type II error rate than REGWQ.

Minimum Significant Difference    5.6198

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	OF
A	72.971	14	7
B A	70.775	14	4.5
B	66.779	14	9.5
C	60.936	14	2

Dependent Variable: PORCENTAJE DE MALEZAS

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	21	363.5349189	17.3111866	2.33	0.0137
Error	34	252.7475365	7.4337511		
Corrected Total	55	616.2824554			

R-Square    Coeff Var  
0.589884    50.01916

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BL	2	15.8299635	7.9149818	1.06	0.3560
OF	3	142.5541667	47.5180556	6.39	0.0015

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for PORCENTAJE DE MALEZAS  
Type II error rate than REGWQ.

Minimum Significant Difference 2.7832

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	OF
A	7.986	14	2
B A	5.500	14	4.5
B	4.975	14	9.5
B	3.343	14	7

Dependent Variable: PORCENTAJE DE SUELO DESNUDO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	21	416.5313056	19.8348241	3.45	0.0007
Error	34	195.3127904	5.7444938		
Corrected Total	55	611.8440960			

R-Square 0.680780  
Coeff Var 57.87171

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BL	2	2.2947096	1.1473548	0.20	0.8199
OF	3	86.5137405	28.8379135	5.02	0.0055

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for PSDM  
Type II error rate than REGWQ.

Minimum Significant Difference 2.4466

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	OF
A	6.3411	14	2
B	3.6500	14	4.5
B	3.3143	14	7
B	3.2607	14	9.5