

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

INTENSIDAD DE PASTOREO DE PASTURAS PERMANENTE,  
EFECTOS EN LA PASTURA Y RESPUESTA EN LA PRODUCCIÓN DE  
VAQUILLONAS HOLANDO

por

Andrés BAETEN VAN LOMMEL  
Ana Cecilia FABER DÍAZ  
Leandro FERNÁNDEZ LLANO  
Gonzalo FERREIRA DONNINI

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

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2008

Tesis aprobada por:

Director: -----  
Ing. Agr. Diego Mattiauda

-----  
Ing. Agr. Pablo Soca

-----  
Ing. Agr. Pablo Chilibroste

Fecha: -----

Autor: -----  
Andrés Baeten Van Lommel

-----  
Ana Cecilia Faber Díaz

-----  
Leandro Fernández LLano

-----  
Gonzalo Ferreira Donnini

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, a nuestros padres, por habernos permitido alcanzar esta meta tan anhelada, y por su cariño y comprensión en estos años de carrera.

A nuestro amigo y docente “Flaco” Favre, por su apoyo incondicional.

A todos aquellos que colaboraron para que este trabajo fuera realizado.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
ABREVIATURAS.....	VIII
1. <u>INTRODUCCION</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
2. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
2.1. <u>PASTOREO CONTINUO VS. ROTATIVO</u> ¡Error! Marcador no definido.	
2.2. <u>TASA DE CRECIMIENTO DE FORRAJE</u> ¡Error! Marcador no definido.	
2.2.1. <u>Conceptos generales</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.2. <u>Factores que determinan la tasa de crecimiento</u> ¡Error! Marcador no definido.	
2.2.3. <u>Factores que afectan la tasa de crecimiento</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.3.1. <u>Factores internos de las plantas, condiciones climáticas y</u> ¡Error! Marcador no definido.	
<u>fertilización</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.3.2. <u>Manejo de la defoliación</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
2.3. <u>PRODUCCIÓN DE FORRAJE</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.1. <u>Factores que actúan sobre la producción de forraje</u> ¡Error! Marcador no definido.	
2.4. <u>DISPONIBILIDAD DE FORRAJE</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
2.5. <u>UTILIZACIÓN DE FORRAJE</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
2.6. <u>COMPOSICIÓN BOTANICA</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
2.6.1. <u>Efecto de las condiciones ambientales</u> ¡Error! Marcador no definido.	
2.6.2. <u>Efecto del pastoreo</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
2.7. <u>ESTRUCTURA DE LA PASTURA</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
2.8. <u>COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PASTURA</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
2.9. <u>PRODUCCION ANIMAL</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
2.9.1. <u>Consumo</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
2.9.2. <u>Ganancia de peso vivo</u> .....	¡Error! Marcador no definido.

- 3. MATERIALES Y MÉTODOS..... ¡Error! Marcador no definido.
  - 3.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL..... ¡Error! Marcador no definido.
  - 3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL ..... ¡Error! Marcador no definido.
  - 3.3. TRATAMIENTOS ..... ¡Error! Marcador no definido.
  - 3.4. CONDICIONES EXPERIMENTALES..... ¡Error! Marcador no definido.
    - 3.4.1. Condiciones edáficas ..... ¡Error! Marcador no definido.
    - 3.4.2. Condiciones climáticas ..... ¡Error! Marcador no definido.
    - 3.4.3. Pastura ..... ¡Error! Marcador no definido.
    - 3.4.4. Animales ..... ¡Error! Marcador no definido.
  - 3.5. DETERMINACIONES..... ¡Error! Marcador no definido.
    - 3.5.1. En la pastura..... ¡Error! Marcador no definido.
      - 3.5.1.1. Altura ..... ¡Error! Marcador no definido.
      - 3.5.1.2. Disponibilidad de forraje ..... ¡Error! Marcador no definido.
      - 3.5.1.3. Composición botánica ..... ¡Error! Marcador no definido.
      - 3.5.1.4. Tasa de crecimiento acumulada... ¡Error! Marcador no definido.
      - 3.5.1.5. Composición química ..... ¡Error! Marcador no definido.
    - 3.5.2. En los animales ..... ¡Error! Marcador no definido.
      - 3.5.2.1. Peso vivo..... ¡Error! Marcador no definido.
  - 3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO ..... ¡Error! Marcador no definido.
    - 3.6.1. Pastura ..... ¡Error! Marcador no definido.
      - 3.6.1.1. Tasa de crecimiento, altura, BOTANAL y composición química ..... ¡Error! Marcador no definido.
    - 3.6.2. Animales ..... ¡Error! Marcador no definido.
      - 3.6.2.1. Ganancia de peso vivo total ..... ¡Error! Marcador no definido.
      - 3.6.2.2. Evolución de peso vivo..... ¡Error! Marcador no definido.
- 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ..... ¡Error! Marcador no definido.
  - 4.1. ATRIBUTOS DE LA PASTURA..... ¡Error! Marcador no definido.
    - 4.1.1. Altura de pastoreo..... ¡Error! Marcador no definido.
    - 4.1.2. Tasa de crecimiento de forraje ..... ¡Error! Marcador no definido.
    - 4.1.3. Producción de forraje ..... ¡Error! Marcador no definido.
    - 4.1.4. Disponibilidad de forraje ..... ¡Error! Marcador no definido.
    - 4.1.5. Composición botánica..... ¡Error! Marcador no definido.
    - 4.1.6. Composición química de la pastura .... ¡Error! Marcador no definido.
  - 4.2. PRODUCCIÓN ANIMAL ..... ¡Error! Marcador no definido.
    - 4.2.1. Evolución de peso vivo por animal ..... ¡Error! Marcador no definido.
    - 4.2.2. Producción de carne por unidad de superficie.... ¡Error! Marcador no definido.

5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
6. <u>RESUMEN</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
7. <u>SUMMARY</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	¡Error! Marcador no definido.
9. <u>ANEXOS</u> .....	¡Error! Marcador no definido.

### LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Efecto de diferentes intensidades de pastoreo sobre la tasa de crecimiento.....	19
2. Efectos sobre la producción de forraje.....	26
3. Valores medios de ganancia diaria, carga animal y producción de carne.....	53
4. Descripción de los tratamientos.....	56
5. Efecto de los tratamientos de pastoreo sobre la altura promedio de festuca (medias de mínimos cuadrados promedio para ambos bloques y su correspondiente desviación estándar).....	65
6. Porcentaje de restos secos según fecha de medición promedio de bloques y tratamientos.....	80
7. Variación en los componentes del análisis químico de forraje, según tratamiento de altura de pastoreo.....	81
8. Valores de los coeficientes de la curva de evolución de peso vivo animal para cada tratamiento.....	86

#### Figura No.

1. Cambios correspondientes al peso de la pastura (W), la tasa instantánea de crecimiento ( $dW/dt$ ) y la tasa de crecimiento promedio ( $(W-W_0)/t$ ).....	13
--	----

2. Efectos de la severidad de defoliaciones intermitentes sobre: a) la tasa de producción bruta de tejido ( $P_{net}$ ), (b) la tasa de senescencia de tejido ( $ds$ ), (c) la tasa instantánea de crecimiento ( $dW/dt$ ) y (d) la tasa de crecimiento promedio $((W-W_0)/t)$ .....	16
3. Diseño experimental.....	55
4. Precipitaciones y temperatura promedio del año en que se realizó el experimento y promedio para una serie de 61 años.....	57
5. Evolución de la altura de pastoreo promedio para el período experimental para los diferentes tratamientos (medias de mínimos cuadrados promedio para ambos bloques).....	66
6. Distribución de las alturas de medición y frecuencia de cada altura de medición según tratamiento.....	68
7. Tasa de crecimiento promedio ( $kgMS.ha^{-1}.día^{-1}$ ) según tratamiento para el período experimental.....	71
8. Producción de forraje acumulada para el período experimental según tratamiento.....	74
9. Disponibilidad de forraje ( $Kg MS.ha^{-1}$ ) según tratamiento y fecha de determinación durante el período experimental.....	77
10. Composición botánica como porcentaje por apreciación visual según tratamiento, promedio para ambos bloques, al inicio (I) y fin (F) del período experimental.....	78
11. Evolución de los componentes de la composición química del forraje.....	83
12. Evolución del peso vivo animal promedio ( $Kg. PV. animal^{-1}$ ) según días para cada tratamiento.....	85
13. Carga (animales/hectárea) y producción de carne por hectárea ( $kgPV/hectárea$ ), según tratamiento, durante el período experimental (56 días para T6 y T9 y 63 días para T3).....	89

## ABREVIATURAS

AF	- asignación de forraje (Kg. MS. animal <sup>-1</sup> . día <sup>-1</sup> )
ANF	- acumulación neta de forraje
C	- crecimiento
cm	- centímetro
CNE	- carbohidratos no estructurales
CQ	- composición química
CSA	- carbohidratos solubles en agua
DIVMS-	desaparición in vitro de la materia seca
DPE	- duración del período de elongación
FDA	- fibra detergente ácido
FDN	- fibra detergente neutro
GDP	- ganancia diaria promedio
ha	- hectárea
IAF	- índice de área foliar
Kg.	- kilogramo
LNR	- lotus no rizomatoso
LR	- lotus rizomatoso
LVH	- largo de vida de la hoja
mm	- milímetros
MO	- materia orgánica
MS	- materia seca
N	- nitrógeno
PB	- peso de bocado
PC	- proteína cruda
PV	- peso vivo
S	- senescencia
TAH	- tasa de aparición de hoja
TA/HA-	relación tallo aparecido-hoja aparecida
TAN	- tasa de asimilación neta
TB	- tasa de bocado
TC	- tasa de consumo
TEH	- tasa de expansión de hoja

TGI - tracto gastro intestinal  
TMH - tamaño maduro de hoja  
TP - tiempo de pastoreo  
Tt - toneladas  
VB - volumen de bocado

## 1. INTRODUCCION

Los sistemas de producción lecheros del país son esencialmente pastoriles. Debido al aumento de los costos de producción, cada vez adquiere mayor importancia lograr un manejo eficiente de las pasturas, lo que implica aumentar la producción y utilización del forraje, incrementar la persistencia de pasturas, mejorando así la relación insumo-producto.

Como fue reportado por Ernst (2004) el otoño es un momento crítico en todo sistema, tanto para la producción forrajera como animal. Es en esta estación donde la carga animal se ve incrementada, ya que el área de pastoreo efectiva se ve notoriamente disminuida. Tanto los verdeos de invierno puros como las praderas asociadas con verdeos, comienzan a ser la principal fuente forrajera recién a partir de julio. También se han encontrado problemas asociados al desbalance de área ocupada por la rotación cultivo – pastura, producción de forraje y elevada carga animal en el área efectiva de pastoreo, lo cual se asoció con inestabilidad del sistema y altos costos por unidad de producto (Chilibroste et al., 2003).

La carga animal es la principal variable que afecta la producción de pasturas por unidad de área (Virkejärvi et al., 2001) el resultado físico-económico y la persistencia productiva de praderas<sup>1</sup>. El manejo de la intensidad de pastoreo según época del año parece ser una medida mas adecuada que la carga ya que relaciona cantidad de forraje con numero de animales (Virkejärvi et al., 2001) y busca mejorar la utilización del forraje producido dándole prioridad a éste sobre otros componentes de la dieta, aumentar la persistencia productiva de las praderas y mejorar la producción animal, sin aumentar los costos de producción.

Con el objetivo de estudiar alternativas que reduzcan el costo unitario de producción, incrementen la persistencia de pasturas plurianuales y mejoren la sustentabilidad de los sistemas de producción lecheros del Uruguay se planteó este trabajo, el cual esta enmarcado dentro de un proyecto de largo plazo y comprende la primavera. El conocimiento de la altura remanente más adecuada

---

<sup>1</sup> Soca, P.; Do Carmo, M. 2008. Efecto de la carga animal y época del año sobre la producción de forraje y performance de vacunos bajo pastoreo de *Festuca arundinacea* cv. Quantum (sin publicar).

para el manejo del pastoreo, permitiría mejorar la eficiencia de utilización de forraje, al manejar dentro del sistema diferentes alturas de pastoreo, permitiendo en la época de mayor escasez de forraje tener los animales pastoreando por más tiempo. Según Chilbroste et al. (2003) en primavera ocurre del 50 al 70 % de la producción anual de forraje y por tanto es la estación donde se puede tener mayor impacto sobre la producción y utilización anual.

La incorporación de *Festuca arundinacea* como gramínea perenne dentro de los sistemas, aparece como una de las alternativas más factibles. Conocer la altura de pastoreo que maximice la producción de forraje y la producción animal, así como también logre una adecuada persistencia de las pasturas, es de suma importancia.

El objetivo general del siguiente trabajo es conocer el efecto de la altura de pastoreo continuo sobre la producción de forraje y la producción animal de vaquillonas Holando de sobreaño, en una pastura de *Festuca arundinacea* en mezcla con Trébol blanco (*Trifolium repens*) y Lotus (*Lotus corniculatus*), en primavera.

Como objetivos específicos fueron planteados:

- 1- Estudiar el efecto de la altura de pastoreo sobre la tasa de crecimiento de la pastura y producción de forraje.
- 2- Analizar variaciones en disponibilidad de forraje con los cambios en la altura de pastoreo.
- 3- Estudiar el efecto de la altura de pastoreo sobre la posible variación en la composición botánica y diferencias en composición química de la pastura.
- 4- Analizar posibles diferencias tanto en producción de carne por animal, como por unidad de superficie, en las diferentes alturas de pastoreo evaluadas.

## **2. REVISION BIBLIOGRAFICA**

Numerosos trabajos internacionales han reportado a la asignación diaria de forraje (AF-Kg. de MS. animal<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup>) como uno de los principales factores que afectan el consumo de forraje y con ello la producción animal bajo pastoreo (Le Du et al., Mayne y Peyraud, Spörndly, citados por Virkajärvi et al. 2001, Chilbroste et al. 2003). La AF tiene efecto sobre la disponibilidad de forraje post-pastoreo, así como también sobre la altura post-pastoreo. Incrementos en la AF incrementan ambas variables pero la utilización de forraje disminuye (Virkajärvi, 2004).

La altura de pastoreo está estrechamente relacionada con la disponibilidad de forraje. Para mantener una altura de pastoreo baja, es necesario mantener un mayor número de animales pastoreando en una misma área (aumentar la carga) comparado con una altura de pastoreo mayor, esto lleva a que los animales que se encuentran bajo pastoreo a baja altura presenten una menor AF, y se vean obligados a pastorear forraje corto, llevando a su vez a mayores costos de cosecha y disminución en la posibilidad de selección animal.

Chilbroste et al. (2003) reportó que en primavera los valores de disponibilidad, altura y asignación aumentan, lo que determina mayores consumos de forraje por parte de los animales y mayor participación del forraje en la <sup>dieta</sup>. En primavera se da el mayor potencial de crecimiento de las pasturas y la capacidad de transformar este mayor crecimiento en consumo por parte de los animales y por tanto en producción de leche es determinante de la eficiencia global de producción y utilización de forraje del sistema. Si los altos valores de asignación y menores valores de utilización de forraje del mes de noviembre (43,1% ± 15.71), son resultado de pérdida de calidad de la pastura debido a una alta tasa de acumulación, sin duda estaríamos frente a una de las fuertes fuentes de ineficiencia de los sistemas pastoriles: falta de capacidad de carga y/o potencial de producción para consumir el crecimiento de forraje. En ese caso la no aplicación de medidas de conservación del crecimiento de forraje de primavera, enfrenta a los sistemas a problemas de manejo de excesos de forraje que si no se resuelven bien, resultan generalmente en bajos consumos, bajas utilizations y pérdida de especies valiosas.

Los objetivos del manejo del pastoreo son: 1) suministrar forraje de alto valor nutritivo durante la estación de crecimiento a bajo costo, 2) asegurar una

eficiente utilización del forraje mientras se mantengan aceptables niveles de producción animal, 3) mantener la productividad de la pastura (Holmes, Mayne et al., citados por Virkajärvi, 2004).

Por lo tanto, la altura de pastoreo es una medida asociada a la disponibilidad de forraje. Es importante conocer esta relación bajo las condiciones de producción locales, para encontrar aquella que mejor se adecue a los sistemas de producción, de forma de favorecer tanto la producción vegetal como animal.

## **2.1. PASTOREO CONTINUO VS. ROTATIVO**

En la mayoría de los predios del país, el pastoreo de pasturas sembradas se realiza con el método rotativo, quedando relegado el pastoreo continuo casi exclusivamente al campo natural y principalmente en condiciones de producción extensivas. A pesar de la antigua controversia sobre los méritos relativos de pastoreo continuo vs. rotativo, actualmente es reconocido que, crecimiento y utilización bajo estos aparentemente contrastantes manejos, son similares. Se espera que la producción de forraje sea igual, así como se reconoce cada vez más que el pastoreo continuo es en realidad rotacional a escala de bocado o planta (Parsons y Chapman, 2000).

En las primeras investigaciones sobre pastoreo, muchas asunciones fueron hechas acerca de los modelos de defoliación y su rol en determinar la productividad animal. Bajo pastoreo continuo, la defoliación era tan frecuente como para reducir la producción de forraje y por lo tanto la producción animal. Trabajos durante la década del '50 indicaron que éste no era así, y que los niveles de producción animal eran similares en pastoreo rotativo y continuo (McMeekan y Walshe, citados por Wade y Carvalho, 2000).

En estudios posteriores se encontró que el intervalo entre defoliaciones bajo pastoreo continuo no fue diferente de aquel bajo pastoreo rotativo (Hodgson, Hodgson y Ollerenshaw, citados por Wade y Carvalho, 2000) y probablemente no es suficiente para tener un gran efecto en la producción de forraje. Biológicamente, el rendimiento de ambos sistemas es similar cuando se comparó en el mismo período de tiempo el área foliar promedio (Grant et al. 1988, Parsons et al., citados por Parsons y Chapman 2000).

A nivel práctico, los sistemas de pastoreo continuo y rotativo, ofrecen diferentes maneras de monitorear el estado de la pastura y así de controlar el suministro de alimentos. Ello también ofrece oportunidades bastante diferentes para manejar estacionalmente el suministro de alimento desde la pastura (Parsons y Chapman, 2000).

A escala de bocado, o planta, todo manejo involucra una sucesión de discretas defoliaciones; esto es, la planta sufre una secuencia de defoliaciones separadas por periodos variables de ininterrumpidos rebrotes. Incluso bajo pastoreo continuo la defoliación nunca es un proceso continuo (Parsons y Chapman, 2000).

La forma en que la pastura es cosechada, y en particular el manejo del área foliar tiene un profundo efecto sobre la acumulación de forraje así como sobre el rendimiento. Sin embargo, dada la rápida regeneración de las hojas en la pastura, la misma debe ser cosechada repetidas veces o una gran proporción del tejido producido se perderá por senescencia. Hojas, o porción de hojas, que no son cosechadas dentro del periodo de vida se marchitan (57 días para *Festuca arundinacea*), pierden su valor nutritivo, y en algunos casos caen desde el follaje y se vuelven no disponibles. Entonces, para optimizar la utilización de las pasturas, es necesario encontrar un balance entre la cantidad de área foliar remanente en la pastura, la frecuencia de defoliación, los rebrotes para proveer fotosíntesis para crecer, y la cantidad de hojas realmente cosechadas para lograr el mejor rendimiento (Parsons y Chapman, 2000).

Para implementar el manejo del pastoreo intensivo, se necesita información sobre la masa de forraje, tasas de crecimiento diario relativas y valores nutricionales a través del período de crecimiento (Burns et al., 2002).

Mientras tanto, siguiendo los trabajos de Mott (1960) el énfasis fue puesto en la carga, más que en el método de pastoreo, siendo el principal factor determinante de la productividad animal.

La descripción y caracterización de la intensidad de pastoreo es esencial en algunos sistemas de pastoreo. Esta descripción puede ser obtenida por medio de la altura de la pastura, que es una medida relativamente fácil y por lo tanto podría ser usado en la práctica (Kristensen, 1988).

En el presente trabajo la variable central es la altura como medida de la intensidad de pastoreo, a partir de la cual se determinan las otras cinco (disponibilidad, tasa de crecimiento, composición botánica, composición química y producción animal).

## **2.2. TASA DE CRECIMIENTO DE FORRAJE**

### **2.2.1. Conceptos generales**

Según Tabourel-Tayot y Gastal, citados por Lemaire y Agnusdei (1999) el crecimiento de hoja es principalmente gobernado por la morfogénesis, la cual puede ser definida como la dinámica de generación (génesis) y la forma de expansión de la planta en el espacio (Cruz y Boval, 1999) así como su tasa de desaparición por senescencia (Lemaire y Agnusdei, 1999). De acuerdo con Gillet et al., citados por Lemaire y Agnusdei (1999) puede ser considerado que las plantas tienen una morfogénesis genéticamente programada donde la tasa de realización es temperatura dependiente. Con esta simplificada visión sobre el crecimiento de planta, en ausencia de estrés hídrico, la expansión de tejido de hoja podría considerarse como directamente determinada por la temperatura y por la nutrición nitrogenada (Lemaire y Agnusdei, 1999).

A nivel interno de planta, en el meristema apical, el tiempo transcurrido entre la iniciación de dos sucesivos primordios de hoja es denominado "plastocrón". A nivel de tallo, el tiempo transcurrido entre la aparición de dos sucesivas hojas es denominado "filocrón" (Lemaire y Agnusdei, 1999).

Para *Festuca Arundinácea* en condiciones templadas, Lemaire, citado por Lemaire y Agnusdei (1999), encontró un umbral de temperatura de 0°C y un constante filocrón de 270 grados días en base 0°C.

La tasa de crecimiento de forraje es la principal variable responsable de la producción de forraje. Como tal, es esencial por un lado conocer los factores que la determinan y por otro aquellos que la afectan.

### **2.2.2. Factores que determinan la tasa de crecimiento**

El crecimiento de forraje comprende el crecimiento de toda la planta en su conjunto, comenzando desde la germinación, emergencia y crecimiento radicular, vainas y hojas -crecimiento vegetativo; y luego en estado reproductivo elongación del tallo y floración. Los tres principales parámetros que determinan el crecimiento de hoja son: la tasa de elongación de hojas (TEH), la tasa de aparición de hojas (TAH) y el largo de vida de la hoja (LVH). El tamaño maduro de una hoja completamente expandida (TMH) es directamente derivada de la TEH y la duración del período de elongación (DPE) (Lemaire y Agnusdei, 1999).

El LVH representa el período que luego de la defoliación completa, el tejido verde de hoja es acumulado en los tallos adultos individuales sin cualquier pérdida por senescencia. Luego de esto, la acumulación de tejido muerto en hoja comienza, llevando a un balance entre la aparición y desaparición de tejido en los tallos individuales (Lemaire y Agnusdei, 1999).

Como fue propuesto por Lemaire y Chapman, citados por Lemaire y Agnusdei (1999) LVH podría ser usado para caracterizar las aptitudes diferentes de las especies para acumular tejido verde. Para *Festuca arundinacea* el LVH es en promedio 570 grados-día, que corresponde a 2,5 filocrones.

### **2.2.3. Factores que afectan la tasa de crecimiento**

Cada uno de los procesos mencionados anteriormente puede ser afectado de diferente manera por factores tales como temperatura, luz, agua, nutrientes (principalmente nitrógeno) y por el manejo de la defoliación (Parsons y Chapman, 2000).

#### **2.2.3.1. Factores internos de las plantas, condiciones climáticas y fertilización**

En forrajes de clima templado se ha señalado que la temperatura y la radiación solar afectan tanto la tasa de crecimiento, como la tasa y tiempo de

desarrollo de los estados fisiológicos como la floración; específicamente, que la temperatura ejerce influencia importante sobre la tasa de aparición y expansión de hojas, por lo que si se tienen niveles adecuados de agua y nutrientes, la pradera alcanza más rápidamente un dosel cerrado en primavera y verano, que en otoño e invierno (McKenzie et al., citados por Velasco Zebadúa et al., 2001).

La temperatura afecta la TAH, TEH, DPE y TMH (Parsons y Chapman, 2000). En general con altas temperaturas las hojas se extienden más rápidamente, por un corto período de tiempo, pero con un mayor largo final comparado con bajas temperaturas; esta tiende a ser más larga en relación a su ancho (delgada), y tener proporcionalmente más lámina que vaina (Robson et al., citados por Parsons y Chapman, 2000). Con incrementos en la temperatura se incrementa la TAH y la tasa de producción de sitios para nuevos macollos, por lo tanto la temperatura afecta poco directamente la relación tallo aparecido/hoja aparecida (TA/HA), altas temperaturas pueden disminuir esta relación (Parsons y Chapman, 2000).

En climas templados, condiciones en las que se encuentra Uruguay, y bajo un rango de temperatura promedio diaria entre 5-17°C para especies C3 y 12-20°C para C4, la respuesta de la TEH a la temperatura sería aproximadamente exponencial (Lemaire y Agnusdei, 1999).

La TAH responde a la temperatura de forma diferente para especies C3 y C4. La respuesta de la TAH a la temperatura es lineal con un claro umbral de temperatura comprendido entre 3 y 5°C para especies C3 y entre 8 y 9°C para C4 (Lemaire y Agnusdei, 1999).

Otro factor que tiene efecto sobre la tasa de crecimiento es la luz. Ésta es importante para proveer recursos, a través de la fotosíntesis para la creación de nuevas células, su incremento en MS y también para la expansión de los tallos (Volenc y Nelson, citados por Parsons y Chapman, 2000).

La eficiencia de intercepción de la radiación fotosintéticamente activa incidente está altamente condicionada por variables de manejo como frecuencia e intensidad de pastoreo (Ernst, 2004).

Durante cortos periodos de baja intensidad de luz, la fotosíntesis y el suministro de asimilados para crecer se ven reducidos, aunque la expansión foliar es poco afectada. El almacenamiento temporario de metabolitos intermediarios en la base de las vainas y en el crecimiento mismo de las hojas, le permite seguir creciendo (Gordon et al., citados por Parsons y Chapman, 2000).

Si el sombreado perdura por más tiempo, más fotosintatos son retenidos por los brotes a expensas de las raíces y las nuevas hojas producidas serán más delgadas que las que crecen al sol. La energía lumínica incrementa la TAH y TA/HA (Mitchell, citado por Parsons y Chapman, 2000).

Dentro de una comunidad de plantas, el sombreado desde otras plantas afecta no solo la cantidad de luz, sino también la calidad. El sombreado baja la proporción rojo/rojo lejano, lo que reduce la relación TA/HA (Parsons y Chapman, 2000).

Durante la primavera, hojas individuales de gramíneas sostienen una alta capacidad fotosintética para escapar de los efectos adversos que tiene el desarrollo en la sombra sobre la fotosíntesis foliar. La elongación de los entrenudos de tallos floreciendo eleva a las hojas jóvenes hasta lo mas alto del tapiz, donde ellas se desarrollan y fotosintetizan en alta luminosidad. Hojas no desarrolladas a la sombra de tallos vegetativos en primavera muestran similares características fotosintéticas que hojas elevadas en tallos reproductivos (Woledge, citado por Parsons y Chapman, 2000).

El crecimiento y desarrollo de las plantas están gobernados por el suministro y demanda de asimilados. Cuando la tasa de suministro de asimilados es menor que la demanda para el crecimiento de hojas, la planta limita entonces el número de meristemas activos (reduce la densidad de macollos), para mantener el crecimiento potencial de hoja en el tallo principal. Por esta razón, mientras la TEH en macollos maduros es muy poco afectada por el suministro de carbono, el macollaje es muy sensible a variaciones en los niveles de radiación (Lemaire y Agnusdei, 1999).

El agua es de profunda importancia en el crecimiento foliar, y la tasa de expansión foliar es un buen indicador de falta de agua. La expansión celular (la

cual requiere presión de agua) es más sensible a déficit de agua que la división celular. Al no expandirse, las células pueden acumularse durante un período seco y luego expandirse rápidamente cuando llueve, compensando, en parte, algo de los efectos de la sequía (Clark et al., citados por Parsons y Chapman, 2000). Déficit severos de agua reducen la aparición de hojas, y también los sitios de producción de tallos, y por tanto el número de tallos por unidad de superficie (Barker et al., citados por Parsons y Chapman, 2000).

Trabajando con *Festuca arundinacea* fue reportado que cuando las precipitaciones eran cercanas a lo normal (Raleigh, NC, USA) en primavera, la tasa de crecimiento de la festuca, dependiendo el tratamiento de defoliación, varía desde 34 a 55 Kg. MS. ha<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup> a mediados de primavera (Ver cuadro No. 1). En años menos favorables la tasa de crecimiento diaria raramente excedía los 30 Kg. MS. Ha<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup> en la primavera (Burns et al., 2002).

Las condiciones climáticas afectan enormemente la tasa de crecimiento de forraje, por lo cual se ha reportado interacción significativa entre tratamientos de altura de pastoreo y año. Solo en años buenos con lluvias superiores al promedio y bien distribuidas se encontró efecto del tratamiento de altura de pastoreo (Bryan et al., 2000).

En condiciones naturales, algún evento que incremente la TLH y TMH, tal como aumento de temperatura o aplicación de N, podría incrementar la tasa de crecimiento de la pastura sin alterar la senescencia, modificando así el balance de flujos (Lemaire y Agnusdei, 1999).

El nitrógeno juega un importante rol en el crecimiento foliar mediante su participación en la división celular y como un componente primario de enzimas. Es un importante estimulante del crecimiento en gramíneas, porque incrementa la producción de hojas y directamente la fotosíntesis (Parsons y Chapman, 2000).

Como fue discutido por Cruz y Boval (1999), la nutrición nitrogenada de la planta puede afectar la TEH y la TAH dependiendo del tipo morfológico de la especie. Para gramíneas cespitosas, como *Festuca arundinacea* (C3 templada) o *Setaria anceps* (C4 tropical), mientras la TEH y el TMH incrementa 3 o 4 veces con aplicación de N, la TAH solo decrece 20%. Inversamente, en

gramíneas estoloníferas *Digitaria decumbens* (C4 tropical), la aplicación de N afectó fuertemente la TAH pero tuvo un muy pequeño efecto sobre la TEH y TMH.

El estado fisiológico también tiene influencia en la tasa de crecimiento de la pastura. Virkajärvi (2004) reportó que *Festuca* expresa mayor habilidad de rebrote que Timothy, especialmente cuando una pastura es defoliada en el estado de crecimiento reproductivo. Generalmente, la tasa de rebrote de Timothy y *Festuca* fue superior a mayor altura de defoliación, por encima de 9 cm. La proporción de tallos vegetativos fue el factor que afectó más marcadamente la tasa de rebrote durante la fase de crecimiento reproductivo (jun-jul) para Timothy y para pasturas dominadas por este.

### 2.2.3.2. Manejo de la defoliación

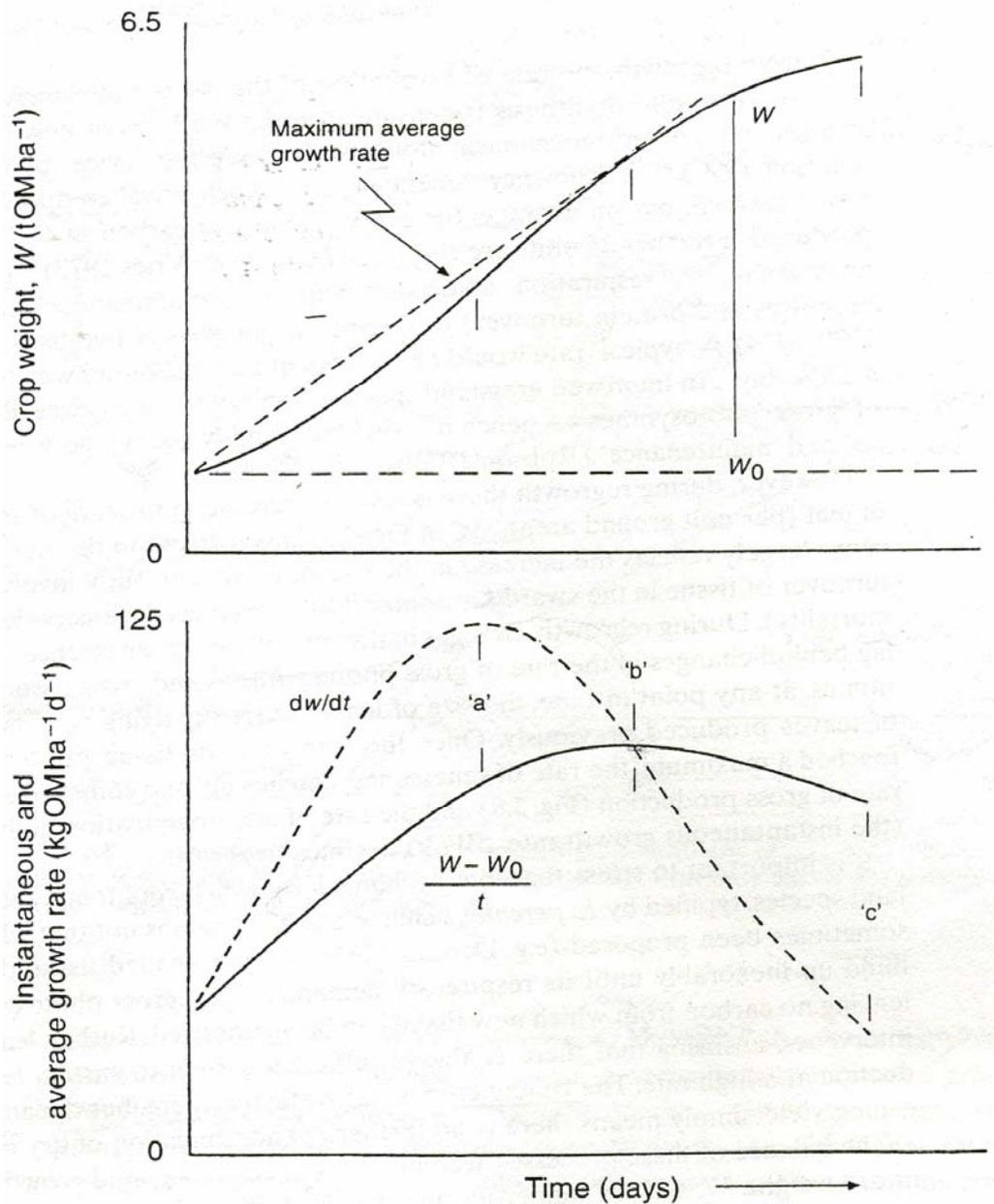
El crecimiento presenta una curva sigmoide típica (Pearson e Iason, citados por Bryan et al. 2000, Parsons y Penning, citados por Parsons y Chapman 2000). El momento en el cual se realiza el pastoreo o corte de forraje afecta el rebrote y con ello la producción de forraje. En la figura No. 1 el cultivo se muestra rebrotando desde un bajo peso inicial,  $W_0$ , y aumentando en peso,  $W$ , sobre tiempo (Parsons y Chapman, 2000).

Asumiendo que la pastura defoliada regresa a su peso inicial, luego de cosechada en tiempo "c" claramente se logrará acercarse al máximo rendimiento desde un único período de rebrote ( $W - W_0$  es máximo). Sin embargo, en este caso la tasa de crecimiento instantánea ( $dW/dt$ , la pendiente de la línea  $W$  en algún punto en el tiempo) estará disminuyendo por algún tiempo, hasta acercarse a cero en el tiempo "c" (Parsons y Chapman, 2000).

Cosechando la pastura en el tiempo "a", interrumpiendo el crecimiento en el punto donde la tasa de crecimiento instantánea está en su máximo, la cantidad removida en la cosecha será reducida. Sin embargo, la máxima utilización se logra si la pastura se cosecha cuando la tasa de crecimiento promedio,  $(W - W_0)/t$ , está en un máximo (Parsons y Penning, Morley, citados por Parsons y Chapman, 2000), ya que esto tiene en cuenta no solamente el material que ha acumulado, sino también el tiempo total que ha transcurrido desde el comienzo del rebrote.

Velasco Zebadúa et al. (2001) encontraron que las mayores tasas de crecimiento para *Dactylis glomerata*, se observaron 1 a 2 semanas antes de que ocurrieran las máximas acumulaciones de biomasa foliar en todas las estaciones.

Figura No. 1: Cambios correspondientes al peso de la pastura ( $W$ ), la tasa instantánea de crecimiento ( $dW/dt$ ) y la tasa de crecimiento promedio ( $(W-W_0)/t$ ) (Fuente: adaptado Parsons y Penning, citados por Parsons y Chapman, 2000).



La tasa de crecimiento promedio puede ser imaginada como una línea trazada desde el peso inicial de la pastura (residuo),  $W_0$ , hacia algún punto sobre la curva de crecimiento de  $W$ . La máxima tasa de crecimiento promedio, la posible inclinación de la pendiente, es cuando la línea se hace tangente a la curva, en "b", y esto define el tiempo óptimo para cosechar la pastura, la mejor duración del período de rebrote (Parsons y Chapman, 2000).

En defoliaciones hasta un bajo IAF, la tasa de crecimiento promedio inicialmente se incrementó (mirar línea sólida en Figura No. 1), luego de ello cambió relativa y gradualmente y el periodo de rebrote fue mayor. Como puede observarse, la máxima tasa de crecimiento promedio se logra (en tiempo "b") después del punto de la máxima tasa de crecimiento instantánea, pero antes del punto del máximo rendimiento (Parsons y Chapman, 2000).

Cuando la defoliación remueve casi todo el tejido foliar, la tasa de fotosíntesis es sustancialmente reducida y la tasa de respiración puede inicialmente exceder la captación de carbono en la fotosíntesis por 24 horas aproximadamente. La pastura consecuentemente tendrá una pérdida neta en peso, pero nuevo tejido foliar puede todavía ser producido desde reservas. Estas pueden ser azúcares guardados en muchos casos en la base de vainas (Pollock y Jones, Volenec, citados por Parsons y Chapman, 2000), o material estructural removilizado y proteínas (Parsons y Chapman, 2000).

Basado en la teoría general acerca de las reservas de carbono y su dinámica (Davies, citado por Virkajärvi et al., 2001) puede ser asumido que un alto IAF pre-pastoreo indica que las reservas de carbono y N ya eran bastante grandes cuando fue defoliado. Así, el proceso de rebrote comenzaría desde las reservas, y el bajo IAF post-pastoreo no sería perjudicial basado en iguales proporciones de rebrote (Virkajärvi et al., 2001). Esto es consistente con Parsons et al., citados por Virkajärvi et al. (2001) quienes mostraron, por un modelo, que severas defoliaciones llevan a una eficiente producción si la longitud del ciclo de rebrote es ajustada acordemente.

Así entonces, cuando la pastura comienza a rebrotar luego de la defoliación hay 4 factores principales que afectan la tasa de rebrote. Primero, la función de los carbohidratos de reserva (Smith, Booyesen y Nelson, citados por Virkajärvi, 2004), en gramíneas son principalmente fructosas y por consiguiente son a menudo llamados carbohidratos solubles en agua (CSA) o carbohidratos no

estructurales totales (CNE). Segundo, el área foliar remanente representa otro pool de carbono en que el proceso de rebrote puede basarse. El pool de CNE puede ser relativamente pequeño comparado con la fotosíntesis potencial. Tercero, la reserva de nitrógeno (N) (proteínas de almacenamiento vegetativo; Ourry et al., Volenec et al., citados por Virkajärvi, 2004) u otros compuestos orgánicos se han propuesto por jugar un rol importante en el rebrote. Cuarto, la cantidad y estado de los meristemas disponibles afectan el rebrote (Richards y Caldwell, Richards, citados por Virkajärvi, 2004). El rebrote luego de la defoliación es más rápido desde los meristemas intercalares (Briske, citado por Virkajärvi, 2004)

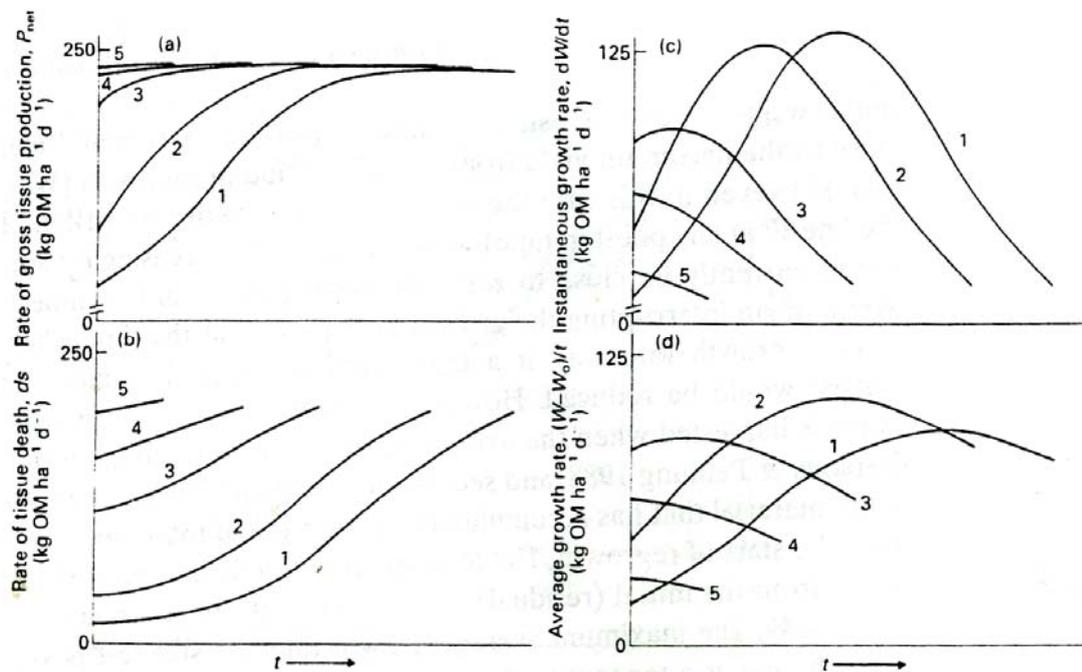
En defoliaciones severas, la tasa de fotosíntesis neta del canopy (producción bruta de tejido) es inicialmente menor, reflejando el área foliar inicialmente baja, y toma mucho tiempo antes de alcanzar la máxima tasa de fotosíntesis neta (Figura No. 2(a) Parsons y Chapman, 2000).

En defoliaciones severas la tasa de senescencia es baja inicialmente, hay un largo recorrido antes que la tasa de senescencia iguale la tasa de fotosíntesis neta (producción bruta de tejido), luego de esto no hay más ganancia neta de peso (Parsons y Chapman, 2000).

En defoliaciones poco severas (líneas 2 y 3 en Figura No. 2), la tasa de fotosíntesis neta es mayor inicialmente, reflejando una mayor área foliar residual, y la tasa máxima de fotosíntesis se alcanza más rápido. Sin embargo, la severidad de la defoliación también afecta la pérdida de material en la regeneración y muerte de las hojas (Figura No. 2(b) Parsons y Chapman, 2000).

En defoliaciones poco severas, no solo la tasa de fotosíntesis neta es más alta inicialmente, sino que también la tasa de muerte de tejido, y la máxima tasa de senescencia es lograda antes. Los efectos de la severidad de defoliación sobre la tasa de crecimiento instantánea y sobre la tasa promedio de crecimiento, son mostrados en la Figura No. 2 c y d respectivamente. En defoliaciones menos severas la máxima tasa promedio de crecimiento se logra rápidamente, luego de una corta duración del rebrote (Ej. línea 2 comparada con la 1, o 3 con la 2). Además, después de las defoliaciones menos severas (líneas 4 y 5) las tasas de crecimiento promedio son menores y pueden realmente declinar durante todo el rebrote (Parsons y Chapman, 2000).

Figura No. 2: Efectos de la severidad de defoliaciones intermitentes sobre: (a) la tasa de producción bruta de tejido ( $P_{net}$ ), (b) la tasa de senescencia de tejido ( $ds$ ), (c) la tasa instantánea de crecimiento ( $dW/dt$ ) y (d) la tasa de crecimiento promedio ( $(W-W_0)/t$ ). Donde  $t$  es el tiempo transcurrido. Los IAFs a los cuales la pastura fue cortada, y desde los cuales ella debe rebrotar son 0.5, 1.1, 3.4, 5.3 y 6.8 para las líneas 1 a 5 respectivamente (Fuente: adaptado Parsons et al., citados por Parsons y Chapman, 2000).



En defoliaciones menos severas, la tasa de crecimiento por unidad de IAF puede ser menor inicialmente, debido a la mayor tasa inicial de senescencia (Parsons y Chapman, 2000).

En pasturas mantenidas altas (por ejemplo 9 cm) en un intento por mantener un mayor IAF desarrollan menor número de tallos y tallos más grandes. En ese momento cuando el mayor IAF es sostenido, la fotosíntesis y la producción bruta de forraje es substancialmente (casi 2 veces) mayor en esa pastura (que

a 3 cm), a pesar de la baja población de tallos, y la tasa de crecimiento por tallo será alrededor de 8 veces mayor (Parsons y Chapman, 2000).

Como ya fue expresado, la intensidad de defoliación afecta la tasa de crecimiento de forraje. Varios trabajos de pastoreo han sido reportados, los mismos han trabajado observando el efecto de diferentes AF, disponibilidades de forraje, altura de pastoreo, índice de área foliar (IAF), intensidades de pastoreo o carga, sobre la tasa de crecimiento y la senescencia de forraje.

La tasa neta de producción de forraje por unidad de área, calculada como la diferencia entre las tasas de crecimiento y senescencia estimadas, se incrementa hasta un máximo de 75 Kg. MS. ha<sup>-1</sup>.día<sup>-1</sup> a una disponibilidad de forraje de 1200-1250 Kg. MO. ha<sup>-1</sup> y declina lentamente luego (Birchman y Hodgson, 1983).

La tasa de crecimiento de forraje total por unidad de área (Kg. MS. ha<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup>) se incrementa de una manera asintótica con incrementos en la disponibilidad de forraje (Birchman y Hodgson, 1983).

La tasa de senescencia de lámina por unidad de área incrementa de forma lineal con incrementos en la disponibilidad de forraje (Birchman y Hodgson, 1983).

Trabajando con diferentes disponibilidades de forraje (Kg. MS. ha<sup>-1</sup>) Birchman y Hodgson (1983) encontraron que la tasa de crecimiento total por unidad de área (Kg. MS. ha<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup>) para Raigrás y Poa incrementa con la disponibilidad de forraje. Lo mismo ocurre con la tasa de senescencia del tallo primario o estolón que tiende a incrementarse con la disponibilidad y con la altura en las dos gramíneas.

El manejo de la pastura, a través de la frecuencia de defoliación y la severidad de defoliación, bajo pastoreo continuo con ovejas a baja altura (por ejemplo 3 cm), si bien lleva a que el IAF sea bajo, muchas especies de gramíneas desarrollan una densa pastura formada por una gran cantidad de pequeños tallos, aunque cada uno creciendo relativamente a baja tasa (Parsons et al., citados por Wade y Carvalho, 2000).

Trabajando con altura de pastoreo e intensidad de pastoreo, Bryan et al. (2000) encontraron que la tasa de crecimiento de forraje ( $54 \text{ Kg. MS. ha}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ ) y el forraje removido ( $7520 \text{ Kg. MS. ha}^{-1}$ ) fue superior en el tratamiento de baja altura con baja intensidad de pastoreo (50% removido). Asumiendo una curva de crecimiento sigmoide, la máxima tasa de crecimiento ocurre a 10,5 cm de altura de la pastura (trabajando con pasturas de Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) y trébol blanco (*Trifolium Repens* L.).

La tasa de crecimiento aparente estacional fue más alta cuando el pastoreo fue a baja altura con baja intensidad de pastoreo creciendo a  $77 \text{ Kg. MS. ha}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$  correspondiendo a una altura promedio de 13,6 cm antes y 7,3 cm después del pastoreo (Bryan et al., 2000).

La tasa de crecimiento aparente se incrementó en forma lineal al disminuir la altura de pastoreo: alta ( $56 \text{ Kg. MS. ha}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ ), media ( $59 \text{ Kg. MS. ha}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ ), y baja ( $72 \text{ Kg. MS. ha}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ ) altura de pastoreo, solo en el año con lluvias superiores al promedio y bien distribuidas, el año en que la tasa de crecimiento de la pastura fue mayor. En los demás años, diferencias en tasa de crecimiento promedio entre tratamientos de altura fueron progresivamente menores, indicando que en años secos, el efecto del pastoreo a diferentes alturas fue menos pronunciado, y la tasa de crecimiento del forraje mas corto se vio más deprimida que la del forraje alto (Bryan et al., 2000).

Incrementos en la altura de defoliación, en Festuca y Timothy, desde 3 a 9 cm incrementaron la tasa de crecimiento en forma lineal en 19% para ambas especies, en los meses de junio-julio (primavera), contrariamente a esto en el mismo periodo de otro año la altura de defoliación no tuvo efecto en la tasa de crecimiento (Virkaajärvi, 2004).

Cuadro No. 1: Efecto de diferentes intensidades de pastoreo sobre la tasa de crecimiento

Autor	Pastura	Condiciones	Tratamientos	Tasa crecimiento Kg. MS. ha <sup>-1</sup> . dia <sup>-1</sup>		
				Años		
			Altura (entrada- salida) cm	I	II	III
Burns et al. (2002)	Festuca Arundinácea (Pastoreo rotativo)	Corte mecánico	08-05	21	23	42
			10-05	21	21	41
			15-05	22	35	47
			31-05	30	25	50
			11-09	18	18	42
			15-09	17	23	34
			31-09	20	26	56
			Soca y Do Carmo (sin publicar)	Festuca arundinácea cv. Quantum de 2° año	Pastoreo rotativo durante 32 meses	Alta Carga
Baja Carga	20					
Bryan et al. (2000)	<i>Poa pratensis</i> L.	Pastoreo rotativo con diferentes alturas de entrada	Altura cm	Intensidad de pastoreo*		
				Baja	Alta	
			11.5	54	48	
			13.5	46	52	
			15.5	48	50	

\*: Porcentaje del forraje disponible removido; Baja: 50 %, Alta: 60 %

## **2.3. PRODUCCIÓN DE FORRAJE**

La producción total de materia seca es el resultado de la eficiencia con que el cultivo intercepta y utiliza la radiación solar disponible durante la estación de crecimiento. Los órganos principales de la planta encargados de interceptar la radiación solar son las hojas. Para alcanzar altas tasas de crecimiento del cultivo, en el canopeo debe haber suficientes hojas que intercepten gran parte de la radiación solar incidente. Cuando esto ocurre, el nivel de eficiencia fotosintética del cultivo (o la Tasa de Crecimiento) esta determinada por la eficiencia fotosintética de las hojas (o Tasa de Asimilación Neta-TAN). La eficiencia de la TAN puede estar influenciada por la cantidad de radiación solar, capacidad de las hojas para fotosintetizar, el IAF, cómo el nivel de la radiación solar es distribuido en la superficie foliar y la magnitud de la respiración (Gardner et al., 1985). En concordancia a lo mencionado, una de las explicaciones fundamentales de porque la pastura muestra una larga fase "lineal" de acumulación de materia seca, y logra un elevado rendimiento máximo en un solo periodo de crecimiento en primavera, comparado con otros momentos del año (Leafe et al., Parsons y Robson, citados por Parsons y Chapman, 2000), se debe a la energía luminosa que recibe durante cada rebrote (Parsons y Chapman, 2000).

Según otros autores (Birchman y Hodgson, 1983), en ausencia de pastoreo animal la acumulación neta de forraje (ANF) es la resultante de los procesos de crecimiento (C) y senescencia (S) pero, cuando el pastoreo animal esta presente, la ANF representa el balance entre C, S y el consumo de forraje, todo expresado como tasa por unidad de área de suelo.

### **2.3.1. Factores que actúan sobre la producción de forraje**

La producción de forraje está directamente determinada por la tasa de crecimiento de forraje. Por lo tanto aquellos factores que afectan a ésta, estarán determinando la producción de forraje para el consumo animal.

El IAF es uno de los factores que determinan las tasas de producción de forraje y es modificado mediante la defoliación. Cuando las pasturas son mantenidas con alto IAF, la fotosíntesis bruta del follaje se acerca a un máximo,

y se produce la máxima cantidad de tejido nuevo. Las pérdidas de material debido a respiración son también cercanas a un máximo, aunque la proporción de captación bruta perdida en respiración es poco alterada por el IAF sostenido (Robson, citado por Parsons y Chapman, 2000).

En cambio cuando las pasturas son mantenidas a un bajo IAF, una gran proporción de hojas es cosechada y una pequeña proporción se pierde. No toda la luz es interceptada, la fotosíntesis del follaje y crecimiento de brotes son reducidos, pero el incremento en la proporción de tejido bruto producido que es cosechado pesa más que la disminución en la cantidad de pastura crecida, y la cantidad cosechada se ve en realidad incrementada. Efectivamente, el máximo rendimiento es logrado, no porque el manejo llevó a la máxima interceptación lumínica y fotosíntesis, sino porque se logró el mejor balance entre fotosíntesis, producción de tejido bruto, rendimiento (consumo) y senescencia (Parsons y Chapman, 2000).

Mientras la altura y el IAF son características relevantes de la pastura en determinar la típica respuesta asintótica en producción de forraje a través de su control en interceptación de luz y morfogénesis de planta, ellos no son directamente determinantes de las tasas de senescencia observadas en pasturas bajo pastoreo continuo (Lemaire y Agnusdei, 1999).

Por lo tanto, en muy altas intensidades de defoliación, todos los componentes de producción y utilización son reducidos, y la pastura es claramente sobre pastoreada (Parsons y Chapman, 2000).

El sombreado de hojas afecta la fotosíntesis neta y con ello la producción de forraje. Una elevada altura de pastura puede llevar al sombreado de las hojas inferiores, lo cual puede traer aparejado disminuciones en la producción de forraje debido a la menor eficiencia de hojas desarrolladas bajo sombra. Esto fue reportado por Robson, citado por Parsons y Chapman (2000) quien observó una disminución en la fotosíntesis neta foliar debido a los efectos del desarrollo de hojas en la sombra, lo cual puede conducir a un déficit de aproximadamente 30% en la fijación de carbono en el follaje vegetativo de gramíneas, y esto retrae significativamente la producción de materia seca. Sin embargo, esta restricción es ampliamente superada durante el desarrollo reproductivo. Claramente el mantenimiento de bajo IAF, tal como en pastoreo continuo, evita este problema y sostiene una alta eficiencia en hojas sucesivas, pero por

supuesto, la fotosíntesis es reducida entonces por el sostenido bajo IAF (Parsons et al., citados por Parsons y Chapman, 2000).

Como ya fue expresado previamente los cambios en estado de desarrollo de la planta, determinan cambios en la posición de las hojas y meristemas dentro de la estructura del tapiz. Esto hace variar la eficiencia de captación de la energía lumínica, así como también influye en los efectos que tiene el pastoreo sobre el crecimiento de forraje y determina diferentes respuestas al manejo del pastoreo en ese momento. Cuando los entrenudos comienzan a elongarse, el pastoreo remueve los ápices reproductivos, impidiendo la floración y favoreciendo el macollaje, por ende diferentes manejos de intensidad de pastoreo en dicho momento, presentarán distinta respuestas en la pastura (Parsons y Chapman, 2000).

La eliminación de no solo toda la hoja, sino también de ápices (meristemas) durante la cosecha en primavera tardía causa muy pobres rebrotes y una severa depresión de la producción neta en verano. El patrón estacional de producción (la cantidad cosechada por hectárea) de pasturas mantenidas bajo un sistema de pastoreo continuo es más uniforme que bajo corte (Lantinga, Orr et al., citados por Parsons y Chapman, 2000) en gran medida porque el desarrollo reproductivo es suprimido y la producción en primavera será menor. Como consecuencia el mayor número de tallos vegetativos presentes en este momento, pero con menores ventajas fisiológicas que los tallos reproductivos, mantendrán la continuidad del cultivo durante el verano debido a que esta es una nueva población de pequeños tallos vegetativos (Parsons y Chapman, 2000).

La frecuencia e intensidad de defoliación de una pastura son factores que afectan la producción de forraje en pasturas bajo pastoreo. Un ejemplo de esto fue registrado temprano en la historia por varios autores, Graber, Mortimer y Ahlgren, Robinson y Sprague, citados por Bryan (2000) todos encontraron que el rendimiento de *Poa pratensis* fue más alto cuando se defolió más intensamente. Luego Bryant y Blazer, Reid, citados por Bryan (2000) reportaron también que la acumulación de forraje es mayor cuando la pastura es defoliada más intensamente. En sentido contrario muchos resultados muestran reducción en la producción con incrementos en la severidad de corte (Jameson, citado por Wade y Carvalho, 2000), y defoliaciones intensas repetidas a lo largo de la estación de crecimiento (Virkajärvi, 2004).

Burns et al. (2002) trabajando con *Festuca* a diferentes intensidades de corte encontraron que cosechando a 5 cm de remanente vs. 9 cm hubo un mayor rendimiento de materia seca de forraje (21% más, 6030 vs. 4975 Kg. MS. ha<sup>-1</sup>) en todos los años evaluados (3 años). Dobson et al., citados por Burns et al. (2002) reportaron incrementos del 26% desfoliando a 5 cm vs. 10 cm (9100 vs. 7230 Kg. MS. ha<sup>-1</sup> respectivamente).

El mismo autor comparando dos de los manejos de defoliación mas intensivos (de 15 a 5 cm vs. de 15 a 9 cm) mostró incrementos de un 37% (5800 vs. 4220 Kg. MS. ha<sup>-1</sup>) en el rendimiento de materia seca a favor de rastrojos de 5 cm de altura. También reportaron que *Festuca* en crecimiento responde favorablemente a defoliaciones intensas, pero cosechar además frecuentemente fue perjudicial para la producción de materia seca, ya que con tratamientos de defoliación desde 8 a 4 cm vs. 8 a 5 cm se redujo el rendimiento de forraje en un 12% (Burns et al., 2002).

El efecto de la altura de pastoreo sobre la producción de forraje también ha sido visto trabajando con ovejas bajo pastoreo continuo, donde la máxima producción ha sido lograda desde pasturas mantenidas con una altura media de 4-6 cm, y similares lineamientos son dados para animales de carne y leche, incrementándose un poco la altura a 5-8 cm (Parsons y Chapman, 2000).

También tiene un efecto importante en la producción de forraje el período de rebrote o período de descanso entre dos defoliaciones consecutivas. Máximos rendimientos de pasturas de raigras son logrados con severa defoliación y moderados períodos de descanso (14-28 días) (Parsons y Penning, citados por Virkajärvi et al., 2001). A su vez el período de descanso es afectado por la asignación de forraje, pero su efecto será mínimo si la tasa de crecimiento general es alta (Virkajärvi et al., 2001).

Ha sido encontrado que festuca (*Festuca arundinacea*) alcanza su máxima masa de hojas verdes alrededor de los 45 días de rebrote, después de una defoliación severa, lo que coincide con el inicio de la senescencia de las hojas (Chapman y Lemaire, citados por Velasco Zebadúa et al., 2001).

Alguna investigación reporta interacción del manejo de la defoliación con la estación, el año y la fertilización.

En lo referente al efecto estación, la altura de corte afecta la producción de MS más en otoño; el intervalo de cosecha afecta ésta más en primavera. Este trabajo realizado en Tasmania muestra que menos cortes incrementaron el rendimiento en otoño, invierno y primavera temprana, pero redujeron éste en mitad de primavera (Fulkerson y Michell, citados por Bryan et al., 2000). En períodos donde decrecen las temperaturas, como otoño, la porción de tejido que senesce es superior a aquella que se produce actualmente, llevando a un balance negativo entre producción y senescencia. Cuando la temperatura incrementa, como en primavera, se obtiene un balance positivo entre ambos flujos (Lemaire y Agnusdei, 1999).

En lo referente al efecto año sobre el rendimiento de forraje, Virkajärvi (2004), reportó que por el hecho de incrementar la altura de defoliación, obtuvo aumentos de 29 y 10 % en el rendimiento acumulado del rebrote para 2 años diferentes. En este sentido se reporta a las precipitaciones como la principal responsable del efecto año encontrado en producción de forraje, tal es así que Bryan et al. (2000) trabajando con gramínea perenne obtuvo más del doble de forraje removido en un año húmedo comparado con un año seco (9760 vs. 4270 Kg. ha<sup>-1</sup>). También concluyó que la altura e intensidad de pastoreo tiene poco efecto en la producción de forraje en un año seco.

Bajo cualquier manejo del pastoreo, grandes diferencias en producción de forraje pueden esperarse por la variación en lluvias. En años buenos, aquellos productores que hayan elegido pastoreo rotativo pueden beneficiarse con pastoreo frecuente (tratamiento de baja altura) y baja intensidad (50% removido). En años secos, cuando el forraje es en suministro corto, la frecuencia e intensidad de pastoreo no afecta la producción de forraje (Bryan et al., 2000).

Así como la disponibilidad de forraje afecta la tasa de crecimiento, afecta también la producción total de forraje. Birchman y Hodgson (1983) reportaron que el crecimiento total incrementa con incrementos en la disponibilidad de forraje (dentro de un rango de disponibilidades de 500 a 1700 Kg. MO. Ha<sup>-1</sup>), correspondiendo el crecimiento total a la suma del crecimiento de la lámina más el crecimiento neto del pseudo-tallo más el crecimiento neto del tallo reproductivo.

Ha sido reportado que la producción de forraje incrementa con incrementos en la disponibilidad de forraje hasta un punto donde es maximizada y luego decae. Birchman y Hodgson (1983) mostraron este comportamiento trabajando con Raigrás donde la tasa de producción neta de forraje verde fue superior en pasturas de 1000 Kg. MO. Ha<sup>-1</sup> de disponible. Este comportamiento no fue encontrado para Poa donde la respuesta fue diferente según el período. El crecimiento total de Trébol, senescencia y tasa de producción neta por unidad de área no fueron afectadas significativamente por las disponibilidades. Esto indica que el efecto de la disponibilidad de forraje sobre la producción de forraje depende tanto de la especie considerada como de la estación.

Al considerar la pastura en su conjunto (mezcla de especies) la tasa neta de producción de forraje verde, equivalente a la tasa de consumo de forraje por unidad de área en una pastura a constante disponibilidad de forraje verde, fue maximizada a una disponibilidad de 1200-1250 Kg. MO. Ha<sup>-1</sup> equivalente a una altura de pastura de 3-5 cm (pastoreo continuo con ovejas) y un IAF de 2,5-3,0 y fue seriamente deprimida en pasturas con menor disponibilidad. La producción de forraje neta también declinó firmemente a mayores niveles de disponibilidad (Birchman y Hodgson, 1983).

La intensidad de pastoreo refiere a la cantidad de materia seca removida en un período de pastoreo y es influenciada por el número de animales y la duración del período de pastoreo (Bryan et al., 2000). En el caso de pastoreo continuo la intensidad estará influenciada solamente por la carga animal.

Varios autores han trabajado el efecto de la carga sobre la producción de forraje, encontrando que en general, variaciones en la carga tienen poco efecto en la producción de forraje, probablemente insuficiente para influenciar directamente la cantidad de forraje cosechado (Hodgson y Wade, citados por Wade y Carvalho, 2000). No obstante, ellos además sugirieron que pueden ocurrir ciertas circunstancias en que la defoliación a alta intensidad, posiblemente combinada con condiciones ambientales adversas, podría ser suficiente para tener efecto (Morley, Wade, citados por Wade y Carvalho, 2000).

A nivel de sistema, la carga (animales. ha<sup>-1</sup>) es reconocida como el factor más importante que afecta la producción de la pastura por unidad de área (Virkajärvi, 2004).

Cuadro No. 2: Efectos sobre la producción de forraje

Autor	Pastura	Condiciones	Producción de forraje Kg. ha-1.año-1		
Wen et al. (2002)	<i>Festuca Arundinácea</i>	Pastoreo continuo de novillos durante primavera a 5 cm de altura	Años		
			1998	1999	
	7007		8475		
	<i>Festuca + Lotus corniculatus</i>		8977	8918	
Bryan et al. (2000)	<i>Poa pratensis L. + Trifolium repens L.</i>	Altura de pastoreo cm	1989	1990	1991
		15.3	8000*	6200*	4500*
		13.7	9900*	6400*	4000*
		11.8	11500*	6200*	4300*

\*: Datos aproximados, tomados de un gráfico.

## 2.4. DISPONIBILIDAD DE FORRAJE

La gran mayoría de los trabajos reportados, incluyen el rendimiento anual de pasturas sembradas bajo corte y generalmente de especies sembradas puras, y si bien los datos de rendimiento anual sobre la productividad de pasturas son valiosos, proveen poca información sobre como la materia seca se distribuye durante los periodos de crecimiento de primavera, verano y otoño (Burns et al., 2002). A esto debemos sumarle el efecto del pastoreo animal, que afecta la productividad de las pasturas, sea por pisoteo o por selectividad, entre otras. Virkajärvi (2004) encontró que los resultados son diferentes al trabajar con corte y pastoreo, debido al efecto de la interacción pastura-animal.

En contraste con los resultados obtenidos por corte, en mediciones in situ bajo pastoreo de Timothy y Festuca no hubo beneficio al incrementar la altura de defoliación desde 8,6 a 11,3 o desde 7,3 a 9,9 o desde 8,6 a 12,4 cm para la tasa de recuperación del área foliar o masa de forraje disponible (Virkajärvi, 2004).

Trabajos nacionales han reportado el efecto de la intensidad de pastoreo, medida mediante carga, asignación de forraje o altura remanente de pastoreo sobre la disponibilidad de forraje.

Un ejemplo de ello fue reportado por García (2006) quien muestra que la disponibilidad ( $\text{Kg. MS. ha}^{-1}$ ) para todo el período evaluado fue superior para el tratamiento de baja carga comparado con el tratamiento de alta carga, siendo diferente según el mes la magnitud de las diferencias entre los tratamientos, mayores diferencias fueron observadas en setiembre (aprox. 1400 vs. 2000 Kg. MS de forraje verde, para alta y baja carga respectivamente) con respecto a mayo y junio.

La disponibilidad de forraje presentó diferencias significativas entre tratamientos de AF, donde la evolución general fue que a menor AF, el disponible de ingreso fue menor (Almada et al., 2007).

La disponibilidad de forraje a la salida del pastoreo fue afectada por los tratamientos de altura remanente de pastoreo, siendo la disponibilidad superior

para los tratamientos de mayor altura remanente de pastoreo (9 y 12 cm) con respecto a aquellos tratamientos de menor altura remanente de pastoreo (3 y 6 cm) ( $P < 0,05$ ). Se encontró además efecto significativo de la estación sobre la cantidad de forraje disponible, siendo otoño donde la cantidad de forraje fue menor con respecto a invierno y primavera, para igual altura remanente de salida de pastoreo<sup>2</sup>.

En primavera se encontraron diferencias significativas entre diferentes alturas de remanente de pastoreo en cuanto a disponibilidad de forraje, siendo el disponible en remanente de 3 cm un 43% del disponible en remanente de 12 cm (1308 vs. 3032 Kg. MS. ha<sup>-1</sup> respectivamente)<sup>2</sup>.

Trabajos internacionales de pastoreo han mostrado también estos efectos en la disponibilidad de forraje. Un ejemplo de ello muestra que un incremento en la carga bajo pastoreo continuo, primero incrementa la frecuencia de defoliación de plantas, decrece la altura del remanente, y reduce la disponibilidad de forraje. ha<sup>-1</sup> (Bransby et al., 1988).

Por otra parte Virkajärvi et al. (2001) encontraron que incrementos en la AF incrementan la disponibilidad post-pastoreo, la altura superficial post-pastoreo de las áreas frecuentemente pastoreadas y disminuye sistemáticamente la utilización durante cada período (períodos: mediados junio; mediados julio; comienzo agosto).

Al observar la distribución de las medidas de altura post-pastoreo, Virkajärvi et al. (2001) mostraron que es evidente que la menor AF causa que los animales pastoreen bajo un modelo más uniforme. Ya que la distribución de las observaciones de altura post-pastoreo muestran que en todos los tratamientos las vacas pastorearon una proporción sustancial de la pastura en una altura de 6 cm o por debajo, pero a AF mayores, de 23 y 27 (Kg. MS. animal<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup>) la distribución fue ampliada más hacia valores de altura superiores. Esto indica que una menor AF lleva a que los animales se vean obligados a pastorear no solo en los parches sino en aquellos manchones de mayor disponibilidad de forraje, disminuyendo la selección animal.

---

<sup>2</sup> Soca, P; Chilibroste, P; Do Carmo, M; Faber, A. 2008. Efecto de la intensidad de pastoreo sobre la producción de forraje, conducta en pastoreo y capacidad de carga de una pradera plurianual para la producción de leche (sin publicar).

Bryan et al. (2000) trabajando con novillos de sobreaño sobre pasturas de Kentucky y Trébol blanco a tres alturas de pastoreo (11,5; 13,5 y 15,5 cm) encontraron que la altura de la pastura en las áreas de pastoreo y rechazo antes y después del pastoreo fueron afectadas por los tratamientos y años. En el tratamiento más alto, se obtuvo el promedio más alto en áreas de pastoreo y rechazo. La disponibilidad de forraje refleja las mismas diferencias entre tratamientos que la altura de la pastura. El tratamiento de alta altura tenía cerca de un 10% más forraje (MS) antes del pastoreo que el tratamiento de altura media, y éste último tenía cerca de un 14% más que el de baja altura. Después del pastoreo, la disponibilidad en pasturas pastoreadas a alta intensidad fue de 840 Kg. ha<sup>-1</sup>, comparado con 1085 Kg. ha<sup>-1</sup> en pasturas pastoreadas a baja intensidad.

Cuando la intensidad de defoliación es muy elevada, donde solo una muy pequeña área foliar es sostenida, todos los componentes de producción y utilización son reducidos, y la pastura es claramente sobre pastoreada (Parsons y Chapman, 2000).

Por lo tanto, incrementos en la intensidad de pastoreo disminuyen la disponibilidad de forraje, ya que el incremento en la intensidad de pastoreo es logrado a través del aumento de la carga animal o a través de la disminución de la superficie de pastoreo. Esta disminución en la cantidad de forraje disponible lleva a que los animales pastoreen de manera más uniforme al disminuir las posibilidades de selección animal, eliminando las ventajas del pastoreo en parches.

## **2.5. UTILIZACIÓN DE FORRAJE**

La eficiencia de utilización del forraje en sistemas de pastoreo puede ser definida como la proporción del tejido de hoja producido que es removido por el animal antes de entrar en estado senescente (Lemaire y Chapman, citados por Lemaire y Agnusdei, 1999).

La utilización de forraje varía con la AF, con la carga animal o intensidad de pastoreo. La relación existente ha sido ampliamente estudiada, se conoce que aumentos en la carga animal o intensidad de pastoreo o lo que es equivalente,

disminuciones en la AF, llevan a una disminución en el forraje disponible pero con un incremento en la utilización del mismo. Expresado de otra manera disponibilidad y utilización varían de forma inversa frente a cambios en la carga animal.

Un ejemplo de estos trabajos fue registrado por Muslera, citado por García (2006) quien mostró que un aumento en la carga reduce la cantidad de forraje ofrecido al ganado, y el consumo de materia orgánica, pero mejora la utilización del forraje ofrecido.

Otros autores trabajando con AF encontraron que un incremento en la AF diaria desde 19 a 27 Kg. MS. animal<sup>-1</sup>.día<sup>-1</sup> decreció la utilización del disponible (> 3 cm) desde 77,7 a 61%. Al corregir por densidad aparente del forraje, los porcentajes de utilización del disponible serían 68, 63 y 54% para tratamientos de AF de 19, 23 y 27 Kg. MS, respectivamente (Virkajärvi et al., 2001).

Por lo tanto la AF afecta la utilización de la pastura, donde incrementos en la AF disminuyen la utilización (Le Du et al., Combillas y Hodgson, citados por Virkajärvi et al., 2001). Afectando además la calidad del forraje en las sucesivas rotaciones y con ello el consumo animal.

Según Wales et al. (1999) la utilización de forraje, en referencia al nivel del suelo, para los tratamientos de baja disponibilidad (3 tt MS. ha<sup>-1</sup>) decrecieron desde 35 a 23% con incrementos en la asignación de forraje y para los tratamientos de media (5 tt MS. ha<sup>-1</sup>) disponibilidad desde 52 a 29% con incrementos en la asignación (20; 35; 50 y 70 Kg. MS. animal<sup>-1</sup>.día<sup>-1</sup>).

Berrutti (1994) en nuestro país observó que el porcentaje de utilización del forraje bajo diferentes tratamientos de asignación, sigue una tendencia directa en relación a la presión de pastoreo, mayor asignación de forraje menor porcentaje de utilización. En las presiones de pastoreo baja, los animales satisfacen su consumo con una baja proporción del forraje presente y bajos porcentajes de utilización.

Según Almada et al. (2007) se observa una disminución en la utilización de forraje a medida que aumenta la asignación. En AF del 2% del peso vivo el

escaso forraje disponible y la alta carga animal determinan una alta utilización. A medida que aumenta la AF los animales tienen mayores oportunidades de selección, por lo que la utilización disminuye.

El efecto de la carga, intensidad de pastoreo o AF sobre la utilización de forraje, se manifiesta mediante el incremento o disminución de las áreas frecuentemente pastoreadas y de rechazo; y mediante la proporción del forraje total que es removido por el animal.

Así ha sido reportado que para mantener la pastura en un alto IAF solo una pequeña proporción de las hojas producidas pueden ser cosechadas. Como resultado, la mayoría del tejido foliar muere sin ser cosechado. Para incrementar la utilización la intensidad de defoliación debe ser incrementada (Parsons y Chapman, 2000).

En potreros mantenidos a baja altura de pastura por una relativa alta carga, 40% de las hojas individuales no fueron removidas antes de que ellas senescieran. A menor carga (mayor altura de pastura) aproximadamente un 75% de las hojas escapan a la defoliación (Lemaire y Agnusdei, 1999), por ende el forraje que es perdido por senescencia es mayor, aumentando además el porcentaje de restos secos en el tapiz.

Las áreas de rechazo fueron menores cuando la pastura fue pastoreada corta y cuando la intensidad de pastoreo fue alta. Sin embargo, solo la intensidad de pastoreo afectó la utilización de forraje (Bryan et al., 2000).

Como fue discutido por Parsons et al. (1999) una diferencia entre el crecimiento de forraje y el uso del mismo desde diferentes parches crea inestabilidad en la pastura, determinando un progresivo incremento en la heterogeneidad (doble perfil) y llevando de hecho, a grandes decrecimientos en la eficiencia de uso del forraje en la pastura en su conjunto.

Bryan et al. (2000) trabajando con diferentes alturas de pastoreo mostraron que la proporción del área del potrero que es rechazada por lo animales fue casi un 25% en el tratamiento de baja altura. Las áreas de rechazo en

tratamiento medio y alto fueron de 4 a 5% más que en pastura baja. Hubo también más áreas de rechazo en pasturas pastoreadas a menor intensidad.

Virkajärvi et al. (2001) dividieron los efectos de la AF sobre la utilización del disponible en sus dos componentes (efecto de la altura de las áreas de pastoreo y efecto del cociente entre áreas frecuentemente pastoreadas e infrecuentemente pastoreadas), así pudo ser calculado que la altura post-pastoreo de las áreas pastoreadas determinan un 20-30% y el cociente de áreas un 70-80% de las diferencias en utilización entre tratamientos de AF.

La utilización de forraje es también afectada por factores climáticos, por lo tanto existe variabilidad en cuanto al porcentaje de utilización entre años; además factores externos como la fertilización nitrogenada o riego pueden variar la utilización si no son acompañados por correspondientes variaciones en carga o ajustes en AF.

El efecto año afecta las áreas de rechazo y la utilización de forraje. En el mejor año, las áreas de rechazo fueron menores y la utilización fue superior comparado con los otros dos años evaluados (Bryan et al., 2000). Años buenos, con lluvias bien distribuidas y temperaturas adecuadas, llevarán a mayores tasas de crecimiento y mayor producción de forraje, por ende mejorará el porcentaje de forraje verde y la calidad del mismo, y los animales pastorearán mas uniformemente el tapiz, no restringiéndose únicamente a los parches de pastoreo, por lo cual aumentará la utilización tanto de las áreas frecuentemente pastoreadas como de aquellas menos pastoreadas.

Si la producción de forraje aumenta por algún factor de crecimiento, como aplicación de N u algún otro mineral, temperatura y/o riego, un aumento correspondiente en carga tiene que ser aplicado para mantener el IAF en la pastura y, por consiguiente, una mayor proporción de tejido de hoja podría ser removido por el animal (Lemaire y Agnusdei, 1999) mejorando así la utilización del forraje.

El método de pastoreo hace variar la respuesta en utilización frente a variaciones en el crecimiento de forraje. Pasturas bajo pastoreo continuo, en una situación de producción de forraje extensiva, el decrecimiento en el consumo de tejido de hoja debe ser más que proporcional que el decrecimiento

en la producción de tejido de hoja como consecuencia de la disminución de la carga y su inevitable efecto en la eficiencia de uso del forraje (Mazzanti y Lemaire, citados por Lemaire y Agnusdei, 1999).

En sistemas de pastoreo rotativo, como los intervalos de defoliación no dependen directamente de la carga, el decrecimiento en la eficiencia de uso del forraje con el decline en el crecimiento de forraje puede ser principalmente evitable (Lemaire y Agnusdei, 1999).

Por todo lo anteriormente mencionado una mayor eficiencia de utilización de pasturas de *Festuca* durante los periodos de crecimiento de primavera y otoño podrían lograrse a través de manejos intensivos del pastoreo. Esta estrategia de pastoreo tiene implicancias tanto en la utilización como en ventajas ambientales que tienen implicancias económicas (Burns et al., 2002). Dicho incremento en la intensidad de pastoreo debe ser tal, que no perjudique el crecimiento de forraje ni afecte la persistencia productiva de las especies que componen la pastura. La intensidad de pastoreo más adecuada, debe considerar tanto la utilización como el crecimiento y persistencia de la pastura, buscando así un equilibrio entre dichos factores.

## **2.6. COMPOSICIÓN BOTANICA**

La composición botánica de una pastura varía a lo largo de todo el período de vida de la misma. La población de plantas lograda en una pastura comienza en el momento de la implantación, también en el momento de la siembra de una pastura puede estar determinado el enmalezamiento de la misma si las condiciones de siembra no son las adecuadas (adecuado control del enmalezamiento y tiempos de barbecho). Luego de implantada la pastura varía su composición botánica fuertemente hasta el momento donde se estabiliza la pastura. Una vez estabilizada, son las condiciones ambientales y el pastoreo quien afecta la composición de la pastura, así como también enfermedades que pueden afectar a las plantas y disminuir su persistencia. Debe tenerse en cuenta además que la composición botánica está afectada por el ciclo de las especies<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Fernández, M.; Nava, P. 2008. Efecto de la asignación de forraje y suplementación sobre la estructura y composición botánica de una pastura mezcla (sin publicar).

Relacionado con la competencia diferencial de especies en una pastura Leep et al. (2002) mostraron que *Dactylis* y *Festuca* contribuyeron con una mayor fracción de gramínea en la pastura mezcla comparada con las otras gramíneas perennes invernales (*Raigras*, *Bromus*, *Timothy*). Esto es porque *Dactylis* y *Festuca* fueron más competitivas con leguminosas en mezclas binarias que las otras gramíneas invernales.

### **2.6.1. Efecto de las condiciones ambientales**

La especie de plantas dominante difiere entre meses en la estación de pastoreo, probablemente debido a los cambios ambientales, pero fue similar entre años, indicando una larga estabilidad, el remanente es estable en pasturas manejadas intensivamente en contenido de especies durante un largo período (Martz et al., 1999).

Las condiciones climáticas, principalmente las precipitaciones pueden afectar las proporciones de especies en el tapiz. Martz et al. (1999) mostraron que trébol rojo (*Trifolium pratense*), trébol blanco (*Trifolium repens*), y lotus (*Lotus corniculatus*) incrementaron en porcentaje en mitad de estación y luego disminuyeron. Este incremento en junio y julio puede reflejar la lluvia relativamente alta en mayo en ambos años. *Festuca* (*Festuca arundinacea*) fue constante en todos los meses. Las malezas gramíneas (*Digitaria spp.* y *Setaria spp.*) incrementaron desde abril - mayo a mediados y fin del verano. Las malezas de hoja ancha incrementaron desde primavera a verano hasta alcanzar el máximo en agosto (Martz et al., 1999).

### **2.6.2. Efecto del pastoreo**

Las especies vegetales difieren en su habilidad de resistir al pastoreo, recuperar su crecimiento y mantener su posición competitiva en la comunidad. La adaptación al pastoreo puede ser el resultado de la tolerancia al pastoreo (tolerancia a la defoliación y rápido rebrote) o escape al pastoreo por su forma de crecimiento o por disuasivos químicos. Esto contribuye a la diversidad de la composición botánica de una pastura en un momento dado. Cambios en la composición botánica son debidos a diferentes respuestas de las distintas

especies o géneros a la defoliación y competencia, influenciada por la intercepción de luz<sup>3</sup>.

Existe un efecto directo entre la frecuencia e intensidad del pastoreo sobre la composición botánica de la pastura, al incidir sobre la morfología de las especies<sup>3</sup>. También hay un efecto directo de la selección de plantas más apetecibles y a través de cambios provocados en el tapiz, la respuesta de las diferentes especies a la intensidad de pastoreo dependerá de su adaptación al mismo.

Mott, citado por Bryan et al. (2000) reportó que había 4 veces más leguminosas en pasturas de *Poa pratensis* cortada desde 10-15 cm a 1,5 cm que en pastura cortada semanalmente a 1,5 cm.

Graber, citado por Bryan et al. (2000) encontró efecto de la intensidad de defoliación sobre el porcentaje de malezas, cortando 13 veces a 1,5 cm durante la primera estación de crecimiento resultó en una escasa población de plantas con más malezas al siguiente año, comparado con cortar 13 veces a 4 cm.

Otros trabajos han reportado que bajo manejos intensivos del pastoreo la población de especies fue razonablemente estable y cambió solo ligeramente entre años (2 años de evaluación). En promedio, la pastura fue 24% leguminosas, 45% gramíneas, 8% malezas gramíneas, 10% suelo desnudo, 11% malezas de hoja ancha y 1% de heces por año. Entre el año 1 y 2 solo el trébol rojo (*Trifolium pratense*) tendió a incrementar ( $P < 0.06$ ). El pasto azul (*Poa pratensis*) decreció ( $P < 0.01$ ) entre el año 1 y 2. La semejanza en la población de plantas entre años ilustra la estabilidad de la composición de especies de la pastura con un manejo intensivo del pastoreo seguido de un cambio inicial y luego estabilizándose (Martz et al., 1999).

Wales et al. (1999) encontraron que tratamientos con menor disponibilidad de forraje (3,1 tt MS. ha<sup>-1</sup>) contienen menos raigrás perenne y trébol blanco y más material muerto y fueron menos digestibles que tratamientos con disponibilidad de forraje media (4,9 tt MS. ha<sup>-1</sup>). La baja y media disponibilidad de forraje estuvo comprendida entre 180 y 250 g. kg. MS<sup>-1</sup> de hojas de raigrás perenne y 80 y 100 g. Kg. MS<sup>-1</sup> de hojas de trébol blanco respectivamente. La asignación de hoja verde del tratamiento de baja disponibilidad de forraje, fue calculada en

torno a 0,7–0,75 de aquella del tratamiento de media disponibilidad para todas las asignaciones de forraje respectivamente (20; 35; 50 y 70 Kg. MS. animal<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup>).

Fue reportado en cambio que en aquellos tratamientos de mayor altura remanente de pastoreo (9 y 12 cm) se registró una tendencia a mantener los valores promedio de especies a inicio y final del experimento a diferencia del tratamiento de menor altura (3 cm) donde se encontró mayor variación durante el período de medición<sup>4</sup>.

Leep et al. (2002) trabajando con una pastura mezcla de gramíneas y leguminosas observaron una disminución de la fracción lotus en el tercer evento de pastoreo. Esta disminución en la pastura puede deberse a la reducción del vigor del lotus luego del segundo pastoreo y al incremento en la competitividad de las gramíneas.

Un incremento en la altura de corte (5 a 9 cm) reduce el contenido de trébol blanco en la pastura a causa de un incremento en el tamaño de las áreas rechazadas por los animales lo cual incrementa el sombreado y disminuye la ramificación<sup>3</sup>. García (2006) en cambio, encontró que el trébol blanco mantuvo mayor proporción en carga baja. Encontrando además una estrecha relación inversa entre el porcentaje de festuca y trébol blanco.

García (2006), encontró que a pesar de ser la festuca dominante en el tapiz (en proporciones de 0,987 y 0,970 para carga alta y baja respectivamente), aun así se encontró efecto de la carga animal sobre el porcentaje de festuca ( $P < 0.0092$ ), trébol blanco ( $P < 0.0037$ ) y otras gramíneas ( $P < 0.0051$ ). El subperíodo afectó la proporción de festuca ( $P < 0.0157$ ), siendo el porcentaje en el mes de mayo menor a julio mientras que setiembre no registró diferencias. El aumento de la Festuca en julio podría explicarse principalmente por la reducción en malezas y otras gramíneas.

El porcentaje de restos secos, resultado afectado por la carga animal (carga alta 15,9%, carga baja 21,6%, promedio de todos los períodos), y el período

---

<sup>4</sup> Chico, M.C. 2006. Estrategias de pastoreo y producción de leche de vacas Holando sometidas a cambios en la oferta de forraje en primavera (sin publicar).

( $P < 0,001$ ), y se redujo con el avance del experimento (desde el 26/9/03 al 24/5/06). En todos los períodos resultó superior en aquellos tratamientos de carga baja con respecto a carga alta<sup>1</sup>.

García (2006) trabajando con pasturas puras de festuca observó que en situaciones de alta carga animal la proporción de verde fue mayor que para baja carga. Lo mismo fue reportado por Cid et al. (1998) quienes encontraron que en situaciones con alta carga animal e intensidad de pastoreo, al incrementarse la utilización de la pastura se incrementa la remoción de forraje (verde y seco), aumentando así la proporción de hojas jóvenes (del nuevo crecimiento) y de materia seca verde en el tapiz.

Trabajando sobre una pastura de festuca, trébol blanco y lotus, el porcentaje de restos secos fue inferior en el tratamiento de menor altura remanente de pastoreo (3 cm vs. 6, 9 y 12 cm)<sup>4</sup>.

## **2.7. ESTRUCTURA DE LA PASTURA**

La estructura de una pastura está determinada por las especies que la componen y por la plasticidad de las mismas al régimen de defoliación. La estructura de la pastura es solo ajustable hasta un cierto límite, ya que es afectada por el genotipo de las especies forrajeras y las condiciones climáticas (Virkajärvi et al., 2001).

La plasticidad de las plantas al régimen de defoliación juega un rol central en regular tanto la producción de nuevo tejido de hoja y la accesibilidad de dichas hojas al pastoreo animal (Lemaire y Agnusdei, 1999).

El IAF determina la tasa de crecimiento de una pastura bajo pastoreo, dependiendo de la intensidad de defoliación este varía, pero las plantas presentan mecanismos de compensación tamaño-densidad de macollos para aproximarse al IAF óptimo más rápidamente. El área foliar en gramíneas está muy determinada por la longitud de la hoja, que es controlada sucesivamente por la altura de defoliación. El número de hojas por tallo es notablemente constante para una especie dada. La densidad de población de macollos es el

componente del IAF de la pastura donde cambios en IAF pueden realmente ser expresados. Por consiguiente, a baja altura de pastoreo una alta densidad poblacional de pequeños macollos optimizan el IAF de la pastura e, inversamente, a alta altura de pastoreo una baja densidad poblacional de largos macollos optimiza el IAF de la pastura (Matthew et al., 1999).

Parsons y Chapman (2000) encontraron estos efectos compensatorios de las pasturas, donde trabajando bajo pastoreo continuo con ovejas a baja altura (por ejemplo 3 cm), muchas especies de gramíneas desarrollan una densa pastura formada por una gran cantidad de pequeños tallos. Contrastando, pasturas mantenidas altas (por ejemplo 9 cm) desarrollan menor número y tallos más grandes.

Estos cambios en estructura de la pastura determinados por el pastoreo animal a diferentes alturas afectan el consumo animal a través de la calidad de la pastura o determinando la facilidad de cosecha. Ya que la estructura de la pastura incluye la cantidad de forraje ( $\text{Kg. MS. ha}^{-1}$ ), la relación hoja/vaina de la pastura, la altura de la pastura y la densidad de pastura ( $\text{tallos/m}^2$ ) así como la densidad aparente ( $\text{g MS/m}^3$ ) (McGilloway et al., 1999).

Plantas de gramínea o trébol perderán la mayor parte de su superficie fotosintética al ser cosechadas a una altura residual baja y entran en un balance negativo de carbono, donde la planta pierde peso. Las plantas deben reestablecer su superficie fotosintética por medio de nuevos brotes meristemáticos. Esto es común en muchas especies de gramíneas adaptadas a repetidas exposiciones a defoliaciones por una disposición de las hojas donde la mayor proporción está cercana al suelo, donde físicamente es más improbable que sean cortadas por el pastoreo. Esto es logrado tanto por reducción de hojas y tamaño de tallos (mientras sostiene el IAF por incrementos en el número de tallos) y/o adoptando un hábito más postrado (Parsons y Chapman, 2000).

Virkajärvi (2004) trabajando con pasturas de Timothy y de Festuca, reportó que éstas son de rápido desarrollo, de baja densidad aparente ( $\text{g MS/m}^3$ ) y tienen una baja densidad de macollos con una alta proporción de tallos reproductivos, especialmente durante la temprana estación del crecimiento (al norte de Finlandia, estación del crecimiento 95 días). Adicionalmente tienen una

limitada habilidad a cambiar el hábito de crecimiento en respuesta al manejo de la pastura.

Si una reducción en la altura de defoliación no promueve una mayor densidad de macollos, los resultados sugieren que el macollaje de pasturas de Timothy - Festuca no puede mejorarse mucho por un pastoreo intenso temprano en la estación (Virkaajärvi, 2004).

La densidad de una pastura también se ve influenciada por la disponibilidad de forraje. La disminución en la densidad de población total con incrementos en la disponibilidad de forraje por encima de 700 Kg. MO. ha<sup>-1</sup> refleja casi certeramente la competencia. Debajo de 700 Kg.MO. ha<sup>-1</sup> la pastura es inestable, la tasa de pérdida de macollos debido al desarraigamiento y otros posibles factores es mayor que la tasa de producción de nuevos macollos (Birchman y Hodgson, 1983).

## **2.8. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PASTURA**

La composición química (CQ) de una pastura esta determinada principalmente por las especies que la componen. La misma varía con las estaciones del año y entre años, debido a los cambios de estado de las plantas y a condiciones climáticas que afectan el crecimiento de las mismas. El pastoreo animal provoca cambios en la pastura y por consiguiente en la CQ. Variaciones en la intensidad de pastoreo o carga animal a través del efecto en la altura del remanente y variaciones en heterogeneidad del tapiz, llevan a cambios en las relaciones entre forraje verde/seco, material nuevo/material viejo, plantas en estado vegetativo/reproductivo, etc., determinando así diferentes CQ de las pasturas.

Si la AF es generosa, las vacas dejan una amplia cantidad de forraje en el potrero. Este forraje estará senescente en el pastoreo siguiente y baja la calidad del forraje, si no es removido (Mayne et al., citados por Virkaajärvi et al., 2001). Alternativamente, si la AF es baja, la presión de pastoreo será alta y el potencial rebrote de algunas especies puede ser puesto en peligro (Davies, citado por Virkaajärvi et al., 2001).

En primavera la acumulación de masa de forraje esta conectada con una alta proporción de tallos reproductivos y esto causa un incremento en la senescencia de plantas y acumulación de material muerto. Consecuentemente, el valor nutritivo de la gramínea disminuye y la proporción de área que es rechazada por el pastoreo animal aumenta (Virkajärvi, 2004).

Una reducción en la altura de defoliación en este momento puede llevar a mejorar el valor alimenticio de la masa de forraje en subsecuentes cosechas por prevenir las fases tardías de formación de tallos, aunque los efectos no son siempre aparentes (Virkajärvi, 2004).

La incorporación de leguminosas a pasturas de gramíneas incrementa la calidad del forraje disponible y más aún, la calidad del forraje consumido por los animales debido a la selección que realizan (Wen et al., 2002).

Este incremento en calidad por incorporar leguminosas a gramíneas fue mostrado por Wen et al. (2002) quienes incorporaron lotus a una pastura de festuca pero las diferencias en fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) no fueron consistentes.

Además Wen et al. (2002) trabajaron con dos tipos diferentes de lotus incorporados a festuca, lotus no rizomatoso (LNR) y lotus rizomatoso (LR); los autores reportaron que el componente lotus contribuyó a mejorar la calidad del forraje en pasturas de LR+festuca, pero no en pasturas de LNR+festuca, esto es debido a que LR+festuca tiene menos FDN y más proteína cruda (PC) que pasturas de LNR+festuca y festuca pura.

Generalmente, la desaparición in vitro de la MS (DIVMS) fue menor durante la estación de crecimiento para los tratamientos de menor frecuencia de defoliación (tratamientos: corte del forraje a 9 y 5 cm de altura cuando alcanzaba los 31 cm de altura). Por otra parte, el forraje de tratamientos desfoliado más frecuentemente ( $\leq 15$  cm) fue alto en DIVMS durante la estación de crecimiento. Las diferencias entre años para un mismo tratamiento son muy altas (Burns et al., 2002).

El contenido de energía metabolizable del forraje, descrito por la DIVMS, mostró una tendencia a incrementar con incrementos en la disponibilidad de forraje, siendo aparentemente la razón principal, el mayor porcentaje de material muerto a baja disponibilidad, efecto éste más pronunciado en primavera (Wales et al., 1999).

La digestibilidad de la pastura fue superior al comenzar el verano y decreció con incrementos en la cantidad de forraje asignada (Virkajärvi et al., 2001).

La digestibilidad y la concentración de PC de los componentes de la pastura (raigrás perenne y trébol blanco) fue similar para ambas disponibilidades de forraje (3 y 5 tt MS. ha<sup>-1</sup>), lo que varió fue la proporción de cada componente en el tapiz (Wales et al., 1999).

La concentración de PC durante la estación de crecimiento esta altamente influenciada por el efecto año. Los tratamientos de defoliación que resultan en concentraciones de PC menores a 150 g. Kg.<sup>-1</sup> durante la estación de crecimiento puede limitar la producción de animales jóvenes (vacunos entre 136 y 227 Kg. en crecimiento) que obtienen una parte importante de sus nutrientes diarios de la pastura (NRC, 1996).

El efecto de los tratamientos de altura de pastoreo en los aspectos de calidad de forraje no fue importante. Forraje pastoreado a baja altura fue mayor en PC que forraje pastoreado a media y elevada altura. La intensidad de pastoreo no tuvo influencia en la calidad del forraje (Bryan et al., 2000).

Incrementos en la disponibilidad de forraje no reducen el contenido de nutrientes del forraje, aunque existieron pequeños declines en la concentración de PC y FDN en primavera, y en PC en verano (Wales et al., 1999).

Los tratamientos de defoliación alteraron la concentración de FDN del forraje así como la concentración de los componentes de la fibra. En general, los tratamientos menos intensivos (31-9, 31-5) resultaron en forraje con mayor FDN y concentración de componentes de la fibra, mientras que los tratamientos mas intensivos de defoliación produjeron forraje con menores concentraciones de estos componentes (Burns et al., 2002).

## **2.9. PRODUCCION ANIMAL**

### **2.9.1. Consumo**

Wade et al. (2001) identificaron a la morfología de la planta forrajera como factor determinante del consumo en condiciones de pastoreo y en cierto grado, independiente de la altura o de la digestibilidad del forraje en pie o ingerido.

Por otro lado, resultados obtenidos en experimentos de pastoreo con especies templadas indican que la altura de la pastura es la variable dominante de la pastura y el tamaño de bocado es la variable animal dominante que tienen influencia en el consumo de forraje en el corto plazo (Forbes, 1988).

La altura de pastura es la variable que en mayor medida influye en la tasa de consumo mediante la profundidad de bocado y así en el peso de bocado. En este sentido Wade et al. (2001) afirmaron que una mayor altura de pastura es determinante de una mayor masa por bocado debido a un aumento en la accesibilidad del alimento. Hodgson, citado por Wade y Carvalho (2000) especuló además que la profundidad de bocado puede ser la variable que determina la reducción en la tasa de consumo cuando la altura es reducida. Subsecuentemente, trabajos más detallados confirmaron que la profundidad de bocado está muy relacionada a la altura de la pastura (Mursan et al., Bursillon et al., citados por Wade y Carvalho, 2000) incluso cuando los animales penetran a la capa de vainas, como fue encontrado por Wade et al. (1989). Estos autores encontraron que la profundidad de defoliación fue constantemente 34% de la altura de los macollos extendidos durante el pastoreo de raigrás perenne por 5 días desde la capa superior, donde solo un 10% de los macollos marcados fue defoliado severamente hasta la vaina el último día. Wade, citado por Wade y Carvalho (2000) concluyó, que la profundidad de la capa de hojas fue importante en determinar el consumo diario de forraje.

Según Wade et al. (2001) el consumo diario en condiciones de pastoreo podría dividirse en dos componentes principales: tasa de consumo (TC) y el tiempo de pastoreo (TP).

Trabajando con los componentes del comportamiento ingestivo animal, y las variaciones que ocurren en ellos provocadas por variaciones en características de la pastura, Burns y Solleberger (2002) encontraron las siguientes relaciones: la altura del canopeo de gramíneas está positivamente asociada con la amplitud del recorrido de la lengua y con el volumen de bocado (VB) pero negativamente asociado con la tasa de bocado (TB). La disponibilidad de forraje está negativamente asociada con el peso de bocado (PB), TB y la TC. Una excepción es la positiva asociación entre disponibilidad de forraje y PB cuando la carga es variable. En ese caso, alta carga podría estar asociada con menor disponibilidad de forraje y menor PB y, cuando la carga se reduce, la disponibilidad de forraje podría incrementar así como también el PB. La proporción de hoja verde o la disponibilidad de hojas verdes está positivamente asociada con el PB y la dieta que es seleccionada por el animal, mientras que la proporción de hojas muertas está negativamente asociada con la dieta seleccionada y la proporción de tallos se asocia negativamente con VB. La densidad del canopeo está negativamente asociada con el número de recorridos de la lengua, VB y PB. El valor nutritivo del forraje y la dieta seleccionada están positivamente asociados. El porcentaje de leguminosas está negativamente relacionado con TB. Finalmente, la relación entre mediciones del comportamiento ingestivo muestra que el PB es el componente de mayor importancia, siendo negativamente asociado con TB para ambas, gramíneas y leguminosas.

En otros trabajos, no se ha encontrado relación lineal entre la masa por bocado y la altura. En una pastura de *Bromus* se encontró que al inicio la masa por bocado aumentó con la altura para luego disminuir coincidentemente con la aparición de inflorescencias (Forbes, 1988). Siguiendo en la misma línea de resultados Bryan et al. (2000) publicaron que más forraje fue removido en tratamientos de baja altura con baja intensidad de pastoreo y en tratamientos de media altura con alta intensidad. Estos datos soportan la forma sigmoide del crecimiento del forraje, en donde la mayor tasa de crecimiento y forraje removido pueden esperarse cuando la altura de la pastura es mantenida en el rango de crecimiento máximo. La explicación de este evento fue que cuando el forraje es pastoreado a baja altura y baja intensidad se asegura una suficiente área de hoja remanente que permite un rápido rebrote. Cuando el forraje es pastoreado a alta altura e intensamente asegura que bastante MS sea removida para mantener un área foliar en la parte de la curva de crecimiento que permite la tasa de crecimiento máxima por un período de tiempo más largo. Se encontró además que media altura y alta intensidad también es una buena combinación de tasa de crecimiento y forraje removido (Bryan et al., 2000).

En términos prácticos Dumont, Mayne y Wright, citados por Soca et al. (2001) reportaron que bajo pastoreo continuo y rotativo el consumo se deprime con registros de altura inferiores a 8-10 centímetros respectivamente.

También la AF, como medida de la intensidad de pastoreo, es reconocida como uno de los principales factores que afectan el consumo de forraje y con ello la producción animal bajo pastoreo (Le Du et al., Mayne y Peyraud, Spörndly, citados por Virkajärvi et al., 2001). Otro importante factor de manejo es la longitud de la estación de pastoreo (Carton et al., Roche et al., citados por Virkajärvi, 2004) y el sistema de pastoreo (Ernst et al., Mayne et al., citados por Virkajärvi, 2004).

Evidentemente cuando tratamos de analizar con profundidad los factores que realmente determinan los niveles de consumo bajo pastoreo, tenemos que buscarlos mas allá, tanto de la digestibilidad, como de la altura de la pastura, ganando terreno las características de estructura de la pastura (Wade et al., 2001).

En este sentido algunos autores definen al consumo de forraje como la principal limitante del nivel y eficiencia de producción de vacas lecheras a pastoreo, y depende de interacciones entre el tamaño del animal, restricciones ingestivas, digestivas y condición de la pastura (Parsons et al., Lean et al., citados por Soca et al., 2001). Los procesos que prioritariamente asumen el control del consumo han sido agrupados en: a) concentración de nutrientes y madurez de plantas (digestivo) b) Estructura de la pastura, comportamiento ingestivo y selectividad (ingestivo) c) Tamaño adulto y estado fisiológico; los que condicionan la demanda de nutrientes (metabólicos) (Hodgson, citado por Soca et al., 2001). El estado interno del animal, el cual integra procesos asociados a la saciedad y/o hambre, memoria espacial, llenado del tracto gastrointestinal y expectativas sobre oportunidades de pastoreo, afectan el consumo (Soca et al., 2001).

La teoría de la regulación física se basa en: la presencia de receptores mecánicos sensibles a la distensión física en la pared ruminal (Faverdin<sup>5</sup>). La

---

<sup>5</sup> Gonnet, G. 2007. Efecto de la asignación de forraje sobre la producción y composición de leche de vacas Holando primíparas durante la primer etapa de lactancia (sin publicar).

limitación física al consumo actúa a través de la distensión y también el peso de la digesta en el tracto gastrointestinal (TGI) (Allen<sup>5</sup>).

En cuanto a la regulación fisiológica del consumo si bien las experiencias con infusión de ácidos grasos volátiles son contradictorias dado los niveles excesivamente altos que son necesarios para lograr disminuciones del consumo hay evidencia que demuestra la existencia de receptores a nivel del TGI y del hígado así como el efecto aditivo de los estímulos (Forbes<sup>5</sup>). Cuando la absorción de nutrientes, principalmente proteína y energía, excede los requerimientos o cuando el balance de nutrientes absorbidos es incorrecto, señales metabólicas negativas afectan el consumo (NRC<sup>5</sup>).

Cuando se estudian las respuestas a los estímulos por separado son necesarios niveles más altos de estímulos inhibitorios que los que ocurren normalmente para lograr una disminución del consumo (Forbes, Illius y Jessop<sup>5</sup>) lo cual sustenta la hipótesis de aditividad de señales físicas y metabólicas involucradas en el control del consumo.

En concordancia a los procesos mencionados Burns y Sollenberger (2002), afirmaron que la respuesta animal en función del consumo de nutrientes digestibles depende del consumo de materia seca y la digestibilidad de ésta, y que el porcentaje de hoja, masa de forraje verde y masa de hoja, involucrados en el proceso ingestivo, fueron positivamente correlacionados con la ganancia diaria de novillos. La estructura de la pastura se conoce por afectar el consumo de forraje de vacas lecheras, a través de la calidad de la pastura o determinando la facilidad con que las vacas cosechan a una dada AF. La estructura de la pastura incluye la cantidad de forraje (Kg. MS. ha<sup>-1</sup>), la relación hoja/vaina de la pastura, la altura de la pastura y la densidad de pastura (tallos/m<sup>2</sup>) así como la densidad aparente (g MS/m<sup>3</sup>) (McGilloway et al., 1999).

La AF afecta el consumo, incrementos en la asignación de forraje (desde 20 a 70 Kg. MS. animal<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup>), incrementaron el consumo diario linealmente desde 7,1 a 16,2 kg MS/vaca cuando las vacas pastorearon a baja disponibilidad (3 tt MS. ha<sup>-1</sup>) y desde 9,9 a 19,3 Kg. MS. animal<sup>-1</sup> para disponibilidad media (5 tt MS. ha<sup>-1</sup>) (Wales et al., 1999).

Una mayor AF posibilita mayor consumo de forraje y mayor posibilidad de selección y consumo de nutrientes. La reducción en la asignación de forraje

condiciona a que los animales seleccionen forraje en los horizontes mas profundos del tapiz, disminuyendo el consumo y la calidad, con aumento en la actividad de pastoreo (Berrutti, 1994).

Por lo tanto la calidad del forraje también esta involucrada en los procesos que asumen el control del consumo, en este sentido en forrajes con alta calidad, los requerimientos de energía de los animales (regulación metabólica) determinan el consumo de alimento, mientras que con forrajes de baja calidad la capacidad ruminal (regulación física) limita el consumo de alimento (Martens, citado por Virkajärvi et al., 2001). En este sentido Soca et al. (2001) reportaron que el consumo se incrementa en forma curvilínea con la calidad de la dieta, dado que el llenado y la velocidad de paso se relacionan con el porcentaje de pared celular.

### **2.9.2. Ganancia de peso vivo**

La ganancia de peso vivo, en animales bajo pastoreo está directamente relacionada con la carga animal, siendo ésta uno de los factores principales que la afectan. También la calidad de la pastura, sea por el tipo de especies que la conforman o por el estado de madurez que presentan, afectan la ganancia diaria (GD) de los animales.

La capacidad de carga que soporta una pastura puede ser definida de la siguiente manera: es el número de animales de un tipo específico que puede subsistir en una unidad de área y producir a una tasa requerida por un período específico, usualmente una estación, un año, o por más tiempo (Cowlshaw, 1969).

Una carga óptima es aquella que permite que animales pastoreando produzcan a la más económica tasa de ganancia. Esta tasa puede no ser la máxima posible, ya que esta depende de la relación económica entre el valor de la pastura y del producto, y de los costos asociados con el manejo del pastoreo necesarios (Cowlshaw, 1969).

La carga afecta la GD a través del efecto en la cantidad y calidad del forraje. La respuesta de GD vs. carga representa consecuentemente la combinación de estos dos efectos en producción animal (Bransby et al., 1988).

Cuando la carga es incrementada, la ganancia por animal disminuye pero la ganancia por acre (por unidad de superficie) incrementa hasta un punto máximo. Después de esto, la ganancia por animal continúa disminuyendo cuando la carga incrementa pero la ganancia por acre también disminuye. Los datos disponibles de estudios de carga sugieren que la carga en el punto de no ganancia podría ser aproximadamente el doble del número de animales requeridos para producir la máxima ganancia por acre (Riewe, 1961).

Con los datos disponibles, Cowlshaw (1969) resumió que la pendiente de la regresión entre carga y ganancia es menos pronunciada cuando la estación de pastoreo es mucho menor que la estación de crecimiento de la pastura, esto es cuando el ganado es capaz de comer exclusivamente forraje joven de alta calidad. Cuando la estación de pastoreo es prolongada a tal punto donde solo a bajas cargas los animales son capaces de seleccionar suficiente forraje de alta calidad para mantener una adecuada ganancia, la pendiente de la línea es marcada y puede incluso interceptar el eje x si los animales comienzan a perder más peso que aquel que hayan ganado previamente.

Por lo tanto, la máxima ganancia por acre será obtenida cuando todavía hay oportunidad para que los animales puedan seleccionar algo. Además la carga que lleva a maximizar la ganancia por unidad de superficie incrementa con incrementos en la productividad de las pasturas (Cowlshaw, 1969).

Las variaciones en carga animal generan variaciones en la heterogeneidad de las pasturas, y esto lleva a diferentes posibilidades de selección de los animales, con su consiguiente efecto en la producción animal. Trabajos sobre estos temas han reportado que con alta carga animal se genera menor heterogeneidad en la pastura, provocando áreas con menor biomasa por unidad de superficie, mayor concentración de nitrógeno y densidad de biomasa viva, comparado con baja carga animal (Cid et al., 1998). La heterogeneidad se vio perjudicada al sobrepasar un umbral de carga crítico, donde se provoca sobre pastoreo en las áreas de alta utilización, quedando las áreas de pastoreo restringido acotadas a pastura con heces ó cardos, lo cual provoca caída en la ganancia de peso de los animales (Cid et al., 1998). Con baja carga animal, se generaron parches que permanecieron estables a lo largo del tiempo, ya que los animales retornaron repetidamente a esas áreas intensamente utilizadas. Esta conducta reforzó la idea de que a bajas y moderadas densidades de carga

animal los vacunos pueden generar un beneficio nutricional pastoreando en manchones (Cid et al., 1998). Si el tiempo de pastoreo no resulta limitado el vacuno maximiza el consumo diario de energía mediante la selección de sitios de pastoreo más cortos (Soca et al., 2001).

Gunter et al. (2005) trabajando con diferentes combinaciones de carga y fertilización nitrogenada encontraron que la ganancia diaria promedio (GDP) decreció con incrementos en la carga desde 3,7 a 11,1 novillos. ha<sup>-1</sup>. Este comportamiento dependió del nivel de fertilización nitrogenada, cuando la fertilización nitrogenada fue mayor (336 Kg. N. ha<sup>-1</sup>) incrementos en la carga disminuyen la GDP, con fertilización media (224 Kg. N. ha<sup>-1</sup>) la GDP incrementó con disminución en la carga hasta un máximo en 6,2 novillos. ha<sup>-1</sup> para luego volver a disminuir en cargas menores (3,7 novillos. ha<sup>-1</sup>), mientras que cuando la fertilización fue menor (112 Kg. N. ha<sup>-1</sup>) la GDP incrementa con disminución de la carga hasta 6,7 novillos. ha<sup>-1</sup> y luego se mantiene al seguir disminuyendo la carga.

Incrementos en carga resultaron en disminuciones cuadráticas en el total de peso vivo ganado por novillo mientras que aumenta de forma cuadrática el peso vivo ganado por hectárea (Gunter et al., 2005).

Por ende, existe un acuerdo general que el consumo de forraje individual y la producción animal declinan con incrementos en la carga y esto es debido a la disminución en la cantidad de forraje disponible por animal para el consumo. La masa de forraje junto con otras características asociadas, como la altura, la pastura que es presentada instantáneamente al animal, influencia el nivel de consumo actual. Esto a su vez, es el resultado del balance entre crecimiento de forraje, consumo y descomposición (acumulación neta o pérdida neta) ocurrido a esa carga (Birchman y Hodgson, 1983).

Otros autores han trabajado con el efecto de la intensidad de pastoreo o asignación de forraje sobre la producción animal.

La presión de pastoreo afectó el peso final de los animales y el tamaño corporal de los mismos, verificándose en los animales del tratamiento con mayor presión (AF: 5% del peso vivo (PV)), no solo un menor peso final sino

también un menor desarrollo corporal respecto a las demás presiones (AF: 7,5; 10; 12,5% PV) (Berrutti, 1994).

Por lo tanto trabajando en campo natural mejorado una asignación de forraje de 5% del peso vivo sería limitante para el crecimiento animal. Mientras que la respuesta del crecimiento animal frente a asignaciones de forraje superiores a 7,5% fue de baja magnitud y la misma cesa con asignaciones superiores a 10% (Berrutti, 1994).

El mismo autor reportó que la producción por animal se incrementó a medida que aumentó la asignación de forraje hasta 10%, a partir del cual los incrementos se tornaron decrecientes. La producción por hectárea, que es función de la producción individual y la carga animal, mostró un aumento con la asignación de forraje hasta 7,5%, para luego descender hacia las presiones más elevadas (Berrutti, 1994).

Para primavera, las máximas ganancias diarias de peso vivo se obtuvieron con disponibilidades de forraje antes del pastoreo del orden de 1500 Kg MS. ha<sup>-1</sup> (8 cm de altura) y niveles de forraje residual de 1400 Kg. MS. ha<sup>-1</sup> (5 cm de altura), lo cual se corresponde con una carga de 1,5 animales. ha<sup>-1</sup> de 250 Kg. de PV. En cambio la mayor producción por hectárea se obtiene con una presión de pastoreo un poco superior a la anterior (7,5% de asignación) donde se combinan una mayor carga (1,7 animales. ha<sup>-1</sup>) con buenas ganancias diarias. Tal situación se alcanza con disponibilidades de forraje pre-pastoreo de 1400 Kg. MS. ha<sup>-1</sup> y niveles de forraje residual de 1000 Kg. MS. ha<sup>-1</sup> o 4 cm de altura (Berrutti, 1994).

En primavera el forraje disponible explicó el 95% de la variación de la ganancia diaria. Bajo estas condiciones, la calidad del forraje no sería limitante y la cantidad de forraje a la que el animal tiene acceso resultó de importancia capital en la determinación de la performance animal (Berrutti, 1994).

Berrutti (1994) reportó una relación cuadrática entre presión de pastoreo y ganancia diaria de peso para primavera. Igual relación se encontró para disponibilidad de forraje y la altura del forraje disponible vs. ganancia diaria, donde las máximas ganancias diarias se obtuvieron con una disponibilidad de forraje de 1500 Kg. MS. ha<sup>-1</sup> y una altura de 8 cm.

Coleman y Forbes (1998) trabajando con *Bothriocloa* spp. encontraron una relación cuadrática entre altura de pastoreo y GDP, maximizándose la GDP en 41,7 cm de altura. La disminución en la GDP por encima de los 42 cm de altura, puede estar explicado por la pérdida de calidad del forraje o la disminución de la densidad de hojas.

Virkajärvi et al. (2001) trabajando sobre pasturas de festuca con vacas lecheras, encontró que el efecto de la AF en rendimiento en leche fue bajo, el rendimiento en leche por hectárea durante el período de colección (15 días) incrementó con decrecimiento en la AF desde 2116 a 2406 y a 2808 Kg. LCE. ha<sup>-1</sup>, respectivamente (para AF de 27, 23 y 19 Kg. MS. animal<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup>). Así la reducción en la producción animal individual de 6% llevó a un 33% de incremento en la producción animal por hectárea (AF 27 comparada con AF 19). Incrementos en la AF (desde 19 a 27 Kg. MS. animal<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup>) incrementaron el rendimiento en leche corregida por energía (LCE) con una respuesta media de 0,16 Kg. ECM. Kg. MS<sup>-1</sup>, pero no tiene efecto en la composición de la leche (Virkajärvi et al., 2001).

Estos resultados sugieren que una AF de 23 Kg. MS. animal<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup> es un compromiso razonable entre producción por animal y producción por unidad de área. AF de 27 Kg. MS. animal<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup> llevó a 11% menos rendimiento de leche por hectárea y no puede ser considerado como una eficiente utilización de pastura. Cuando los requerimientos energéticos animales y el valor alimenticio del forraje son tomados en cuenta, puede ser calculado que una AF de 23 Kg. MS. animal<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup> fue equivalente a una asignación relativa de forraje de 1.6–1.7 (energía metabolizable asignada/ energía metabolizable requerida). El valor de altura correspondiente a un adecuado nivel de asignación de forraje (AF 23 Kg. MS. animal<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup>) estuvo en el rango de 8,9-10,3 cm (Virkajärvi, 2004).

Wales et al. (1999) reportaron que la producción de leche fue menor en las vacas a baja disponibilidad de forraje (3 tt MS. ha<sup>-1</sup>) que en aquellas en disponibilidad media (5 tt MS. ha<sup>-1</sup>). Esta incrementó linealmente desde 21,8 a 27,1 Kg. animal<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup> y desde 24,7 a 32 Kg. animal<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup> con incrementos en la asignación (20; 35; 50 y 70 Kg. MS. animal<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup>) de forraje a baja y media disponibilidad de forraje, respectivamente, con un retorno marginal por vaca de 0,7 Kg leche/Kg extra de MS consumida. A su vez, los cambios en peso vivo estimados para los últimos 28 días del experimento promediaron en -0,003 Kg.

animal<sup>-1</sup> para los tratamientos de baja disponibilidad y 0,14 Kg. animal<sup>-1</sup> para tratamientos de media disponibilidad.

La calidad de la pastura es otro factor que afecta la performance animal bajo pastoreo. Burns y Standaert, citados por Wen et al. (2002) encontraron que la GD fue mayor para novillos y terneros pastoreando pasturas mezcla de leguminosas y gramíneas que pastoreando monocultivos de gramíneas fertilizados con nitrógeno. Sin embargo ellos encontraron que la ganancia de los novillos fue menor para festuca que para otras gramíneas en sistemas leguminosa-gramínea.

Hoveland et al., citados por Wen et al. (2002) encontraron que ambos, lotus y trébol, mejoran la GD de novillos comparado con festuca+Nitrógeno en el primer año, pero como las leguminosas representan menos del forraje total cada año, las ventajas desaparecen.

Trabajando con dos tipos de lotus en mezcla con festuca y festuca pura, Wen et al. (2002) encontraron que aunque los novillos pastoreando lotus no rizomatoso (LNR) + festuca, lotus rizomatoso (LR) + festuca, y festuca no tuvieron diferencias en GD, el total de novillos diarios. ha<sup>-1</sup>, y la producción de forraje total fue mayor (P<0.10) para LR + festuca y LNR + festuca que para festuca. Los datos sugieren que una mezcla de lotus y festuca podría producir más ganancia de peso total. ha<sup>-1</sup> que festuca sola.

Sin embargo al observar la producción animal, los novillos lograron mayor ganancia diaria en ambas pasturas mezclas que en festuca pura. Esto es debido a que el lotus contiene taninos condensados que mejoran la utilización de la proteína y la ganancia de peso. LNR contiene casi tres veces más taninos condensados que LR. Así, aunque la proporción de LNR en la pastura mezcla fue menor que la proporción de LR, el mayor contenido de taninos condensados en LNR puede haber llevado a igual GD para los tratamientos de LNR+festuca y LR+festuca (Wen et al., 2002).

Cultivares de menor calidad tienen mayor capacidad de carga, e incrementan la habilidad para producir GD con cargas altas. Por otra parte en cultivares de alta calidad se incrementa el consumo y por ende la GD, pero a consecuencia de una menor capacidad de carga (Bransby et al., 1988).

Es por esto que más animales pueden ser conducidos bajo festuca, la cual tiene baja calidad comparado con raigras anual que posee alta calidad. Sin embargo, las ganancias en la festuca serán menores que aquellas obtenidas en raigras (Riewe et al., 1963).

Con niveles críticos de altura y/o requerimientos muy elevados, no existen adaptaciones posibles, el animal tiende a detener el pastoreo al detectar una relación desfavorable entre costo de cosecha y consumo de energía, por lo tanto el animal pierde peso (Soca et al., 2001).

El costo de cosecha del forraje resultó muy superior en pastoreo de 4 cm de altura sin suplemento comparado con mayores alturas de pastoreo debido al incremento en la tasa de bocado y reducción del peso de bocado (Soca et al., 2001).

En pastoreo a baja altura, aún cuando la calidad y cantidad del forraje seleccionado y consumido pueda mantenerse, por modificaciones en el tiempo de pastoreo y tasa de bocado, la producción por animal se resiente, debido al incremento del gasto de energía para mantenimiento, dada la mayor actividad de pastoreo involucrada en la búsqueda, selección, y manipulación del forraje (Ungar, 1996).

Lambourne, citado por Riewe (1961), en Nueva Zelanda trabajando con ovinos, encontró una interacción entre carga y método de pastoreo, ya que con una carga severa, corderos lograron mejor ganancia con pastoreo rotacional que con pastoreo continuo, pero la ganancia fue similar con carga liviana.

Cuadro No. 3: Valores medios de ganancia diaria, carga animal y producción de carne

Autor	Pastura	Condiciones	Resultados			
			Período	GD	Carga <i>Animal. ha<sup>-1</sup></i>	Producción Anual de carne <i>Kg. ha<sup>-1</sup></i>
Lattanzi et al. (2007)	Festuca Arundinácea Cv. Templado (El Palenque)	Pastoreo continuo Engorde de animales Angus de 170/200 Kg al inicio de cada ciclo.	A	925 <sup>1</sup>	3.3	
			B	1140 <sup>1</sup>	5.1	
			C	938 <sup>1</sup>	3.9	
			D	614 <sup>1</sup>	4.4	
			Media	904 <sup>1</sup>	4.2	
			Soca et al. (2006)	Festuca arundinácea cv. Quantum de 2º año	Pastoreo rotativo durante 32 meses (IV Períodos)	I
II	810 <sup>2</sup>	502				
III	560 <sup>2</sup>	402				
IV	650 <sup>2</sup>	905				
I	800 <sup>2</sup>	Baja carga				403
II	850 <sup>2</sup>					400
III	610 <sup>2</sup>					358
IV	650 <sup>2</sup>					594

A, B, C, D: corresponde a los periodos 1991/92, 1992/93, 1993/94 y 1994/95 respectivamente.

GD: Ganancia diaria de peso vivo (*gr. animal<sup>1</sup>. dia<sup>-1</sup>*)

<sup>1</sup>: Ganancia diaria primaveral

<sup>2</sup>: Ganancia diaria promedio anual

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

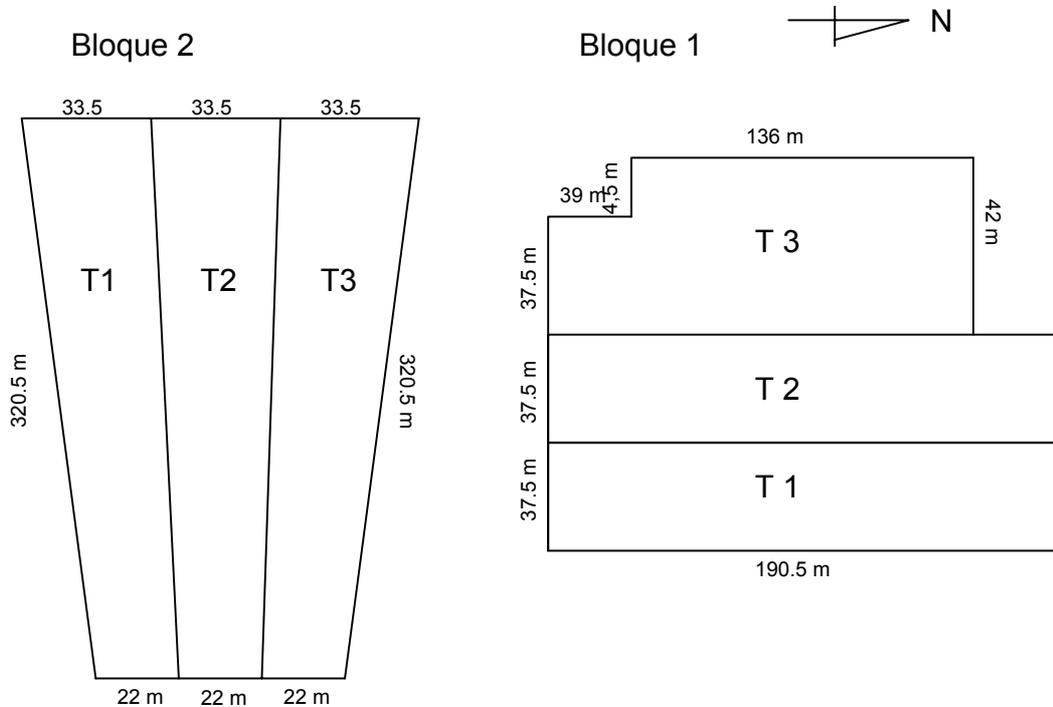
#### **3.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL**

El trabajo fue realizado en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, ubicada sobre la ruta 3, Km. 363, Facultad de Agronomía, departamento de Paysandú (30° latitud sur). La duración del experimento fue de 85 días, abarcando el período comprendido entre el 6 de setiembre y el 30 de noviembre.

#### **3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL**

Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar con parcelas divididas en el tiempo (2 bloques, 3 tratamientos). Para las determinaciones en la pastura la unidad experimental la constituyó la parcela, mientras que en las variables de respuesta animal lo fue el grupo de animales de cada tratamiento.

Figura No. 3: Diseño experimental



### 3.3. TRATAMIENTOS

Se trabajó con 3 tratamientos y 2 repeticiones (bloques), en los cuales se asignaron 3 animales por tratamiento en Bloque 1 y 4 animales por tratamiento en el bloque 2. Los tratamientos consistieron en pastoreo continuo con 3 intensidades de pastoreo, 3 cm. de altura (T3), 6 cm. (T6) y 9 cm. (T9).

Cuadro No. 4: Descripción de los tratamientos

Bloque	Tratamiento	Altura pastoreo (cm)	Superficie (ha)	Animales	Carga* (animales/ha)
1	T3	3	0,71	3	10,2
	T6	6	0,71	3	7,8
	T9	9	0,69	3	6,2
2	T3	3	0,88	4	11,3
	T6	6	0,89	4	7,5
	T9	9	0,87	4	5,7

\* Para el cálculo de la carga animal se consideraron tanto los animales experimentales como los animales volantes

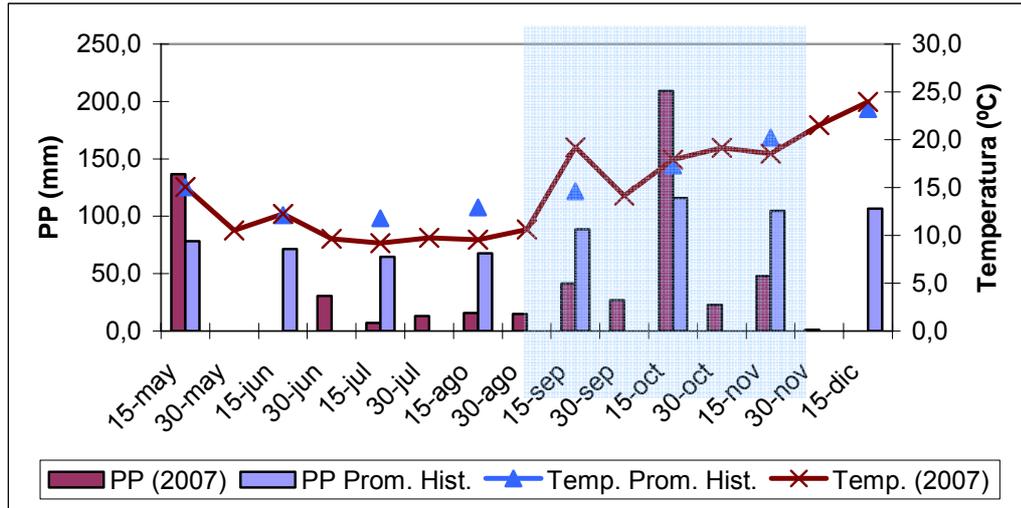
### 3.4. CONDICIONES EXPERIMENTALES

#### 3.4.1. Condiciones edáficas

La EEMAC se encuentra sobre la unidad de suelos San Manuel, formación Fray Bentos, siendo los suelos dominantes Brunosoles éutricos típicos y Solonetz melánicos según carta reconocimiento de suelos del Uruguay 1:1000000. Hay que tener en cuenta que los suelos sobre los que se realizó el experimento, además de las características antes mencionadas, presentan una gran variabilidad en cuanto a profundidad y composición química, encontrándose numerosas áreas con material madre a escasos centímetros de la superficie y otras con blanqueales.

### 3.4.2. Condiciones climáticas

Figura No. 4: Precipitaciones y temperatura promedio del año en que se realizo el experimento y promedio para una serie de 61 años.



Fuente: Elaboración propia

Referencias: -La zona sombreada corresponde al periodo experimental.

-Las precipitaciones (Prom. 2007) y temperaturas (Temp.2007.) del año en que se realizo el trabajo experimental son promedios quincenales, mientras que los datos históricos son promedios mensuales de 61 años (1935 a 1996)

### 3.4.3. Pastura

La pastura ubicada en el potrero 23 perteneciente al área de lechería de la Estación Experimental M. A. Cassinoni, fue sembrada con *Festuca arundinacea*, cv. Tacuabé, *Trifolium repens*, cv. Zapicán y *Lotus corniculatus*, cv. San Gabriel en abril de 2006 con una densidad de siembra de 20, 2 y 10 Kg. respectivamente. La fertilización basal fue de 100 Kg. de 18-46-0, también se le aplicó una refertilización con 18-46-0 de 80 Kg. el 16 de abril de 2007 y dos refertilizaciones con Urea.

#### **3.4.4. Animales**

Se utilizaron 21 vaquillonas de la raza Holstein de año y medio de edad con un peso al inicio promedio de  $213 \pm 13$  Kg. Se emplearon además animales volantes.

### **3.5. DETERMINACIONES**

#### **3.5.1. En la pastura**

##### **3.5.1.1. Altura**

Semanalmente se determinó la altura de regla de la Festuca, siendo el criterio empleado el de toque de la última hoja sin perturbar la pastura (adaptado del método "HFRO sward stick" de Barthram, 1986). Se realizaron 60 y 70 mediciones por tratamiento en bloque 1 y 2 respectivamente, caminando en zig-zag.

##### **3.5.1.2. Disponibilidad de forraje**

Para estimar la disponibilidad de forraje se utilizó el método de rendimientos comparativos de Haydock y Shaw (1975). Esta técnica consiste en: primero se marcan muestras que representen todo el rango de rendimientos en cada parcela experimental, en este caso se usaron tres escalas, 1 (bajo), 2 (medio) y 3 (alto) y sus puntos intermedios (1.5 y 2.5), cada una de estas escalas contó con tres repeticiones por parcela y además también se hicieron cinco medidas de altura en cada cuadro (esquinas y centro del cuadrado). Estas son cortadas al ras del suelo y secadas en estufa a  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 48 horas para obtener el contenido de MS; seguidamente se realiza una estimación visual de cada escala marcada en toda la parcela, 50 mediciones para las parcelas del bloque 1 y 60 para las del bloque 2, quincenalmente, ubicando el cuadro de forma aleatoria (caminando en zigzag de un poste a otro del alambrado y ubicando el cuadro cada determinada cantidad de pasos) teniendo en cuenta las muestras de referencia y además se consideraron puntos intermedios (1.5 y 2.5); por

ultimo se ingresan a una matriz los datos de rendimiento en MS de las muestras cortadas, junto con los parámetros que no son de rendimiento (altura y escala), obteniéndose una ecuación de regresión que nos permite estimar la disponibilidad de forraje de la parcela.

### 3.5.1.3. Composición botánica

Para determinar la composición botánica se utilizó una adaptación de la técnica BOTANAL (Mannetje y Haydock, 1963) que permite el muestreo de la composición de las pasturas de acuerdo a la estimación visual de la contribución en peso seco de las especies que la integran. Para lograrlo, debe obtenerse el rendimiento total de la pastura, por esta razón se realizó en conjunto con la técnica de rendimientos comparativos descrita anteriormente.

Las plantas o grupos de plantas que constituyen la vegetación de la pastura e integraron el muestreo de Botanal fueron agrupadas arbitrariamente en los siguientes componentes: *Festuca arundinacea* (Festuca), *Trifolium repens* (Trébol Blanco), *Lotus corniculatus* (Lotus), restos secos, gramíneas productivas, maleza enana, maleza leñosa, ciperáceas, gramilla y malezas de hoja ancha. A cada especie le correspondía un número, (1) festuca, (2) trébol blanco, y así sucesivamente, simplemente a modo de identificación.

Se realizaron 25 observaciones por parcela en el bloque 1, y 30 en el bloque 2, cada quince días. En cada observación se registraba un código, el cual se corresponde con una combinación de porcentajes de contribución de materia seca de las especies presentes que el observador consideraba mejor se ajusta a esa situación.

Al final se ingresan los datos obtenidos (las especies presentes, el código y valor de escala) a un programa desarrollado por Cadenazzi<sup>6</sup>, el cual resuelve la producción total de materia seca y el aporte de cada especie.

---

<sup>6</sup> Cadenazzi, M. 2008. Com. personal.

#### **3.5.1.4. Tasa de crecimiento acumulada**

Para estimar la tasa de crecimiento acumulada se utilizó el método de triple emparejamiento (Moraes et al., 1990). Los pasos de la técnica son: primero se debe recorrer la unidad experimental para localizar zonas representativas. Una vez definida la zona a muestrear se eligen tres sitios con masa de forraje, estructura y composición botánica similares. Lo ideal es ir al campo con dos cuadrículas de 0.25 m<sup>2</sup> para ayudar en la elección y comparación de sitios. Cuando se tienen los tres sitios escogidos, uno es cortado al ras del suelo utilizando una cuadrícula de área conocida (Fuera de la jaula (FJ1)); en el segundo sitio solo se coloca una jaula de exclusión de un m<sup>2</sup> (Dentro de la jaula (DJ)); y al tercer sitio se le colocan dos estacas, quedando expuesto al pastoreo. Este último punto será FJ2 en el próximo muestreo. Cuando se vuelve a la parcela a muestrear, luego de un periodo de tiempo predeterminado, lo que se encuentra es la jaula (DJ1) y el sitio marcado (FJ2) del muestreo anterior. Lo primero que se hace es encontrar otros dos sitios semejantes a FJ2, uno para reubicar la jaula y el otro será el FJ del próximo muestreo. Una vez escogidos los dos sitios se cortan FJ2 y DJ1 y por último se reubican la jaula y las estacas. Las muestras cortadas son llevadas al laboratorio, se las pesa en fresco y luego son llevadas a la estufa a 60 °C por 48 horas para obtener el peso seco. La tasa de crecimiento acumulada se obtiene de la siguiente manera:  $TCA = DJ1 - FJ1$ .

En este trabajo de investigación las unidades experimentales fueron divididas en tres zonas por diferencias topográficas: alto, ladera y bajo. Dentro de cada zona se realizó todo el procedimiento antes descrito. Los muestreos fueron realizados cada 15 días.

#### **3.5.1.5. Composición química**

La determinación de la composición química se realizó por medio de muestras compuestas. El forraje utilizado fue el que se obtuvo en las determinaciones de disponibilidad. Las muestras compuestas tienen un peso de 30 gramos y representaban a cada tratamiento. Para obtenerlas se juntaron las tres muestras que correspondían a cada escala, se multiplicó el valor de disponibilidad para cada escala por su frecuencia y de esta manera conocer que porcentaje del total corresponde a cada escala. Los componentes que se determinaron en laboratorio fueron MS, PC, FDN, FDA, Cz.

### **3.5.2. En los animales**

#### **3.5.2.1. Peso vivo**

Semanalmente se pesaron todos los animales a primera hora de la mañana, evitando así el consumo matinal.

### **3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

#### **3.6.1. Pastura**

##### **3.6.1.1. Tasa de crecimiento, altura, BOTANAL y composición química**

Se ajustó un modelo lineal de medidas repetidas con la siguiente forma:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} + D_k + (\tau^*D)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  es la tasa de crecimiento de forraje; la altura; los componentes del BOTANAL (festuca, trébol blanco, lotus, restos secos, gramíneas productivas y otros); los componentes del análisis químico (% de materia seca-MS; % proteína cruda-PC; % de cenizas-C; % de fibra detergente neutro-FDN; % de fibra detergente ácido-FDA).

$\mu$  es la media general

$\tau_i$  es el efecto del i-ésimo tratamiento

$\beta_j$  es el efecto del j-ésimo bloque

$\varepsilon_{ij}$  es el error experimental

$D_k$  es el efecto del día de medición

$(\tau^*D)_{ik}$  es la interacción tratamiento por día

$\varepsilon_{ijk}$  es el error entre mediciones

Se tomo en cuenta la correlación entre medidas repetidas a través de un modelo auto regresivo de orden uno-AR (1).

Las medias de los efectos significativos fueron comparadas usando el test de Tukey.

En el análisis de la tasa de crecimiento, los datos con valores negativos fueron considerados como cero, debido a que el método no considera la existencia de tasas de crecimientos negativas, por lo cual dichos valores no son válidos para el análisis.

### **3.6.2. Animales**

#### **3.6.2.1. Ganancia de peso vivo total**

Para estudiar el efecto de los tratamientos de altura sobre el peso vivo ganado total se ajustó un modelo lineal con la siguiente forma general:

$$PV = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

PV es el peso ganado total

$\mu$  es la media general

$\tau_i$  es el efecto de la i-ésima altura

$\beta_j$  es el efecto del j-ésimo bloque

$\varepsilon_{ij}$  es el error experimental

### 3.6.2.2. Evolución de peso vivo

Se ajustó un modelo lineal de medidas repetidas en el tiempo de heterogeneidad de pendientes. La forma general es:

$$Y_{ijkl} = \beta_0 + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ijk} + \beta_1 * Dia_i + \beta_2 * Dia_i^2 + (\beta_{1i} - \beta_1) \tau_i * Dia_{i1} + (\beta_{2i} - \beta_2) \tau_i * Dia_{i1}^2 + \beta_3 * PV_{ini} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  es el peso vivo

$\beta_0$  es el intercepto

$\tau_i$  es el efecto del i-ésimo tratamiento

$\beta_j$  es el efecto del j-ésimo bloque

$\beta_1$  es el coeficiente de regresión del componente lineal que relaciona el peso vivo con la edad

$\beta_2$  es el coeficiente de regresión del componente cuadrático

$\beta_{1i}$  es el coeficiente de regresión lineal para el i-ésimo tratamiento

$\beta_{2i}$  es el coeficiente de regresión cuadrático para el i-ésimo tratamiento

$\beta_3$  es el coeficiente de regresión del peso vivo inicial

$\varepsilon_{ijk}$  es el error experimental entre animales

$\varepsilon_{ijkl}$  es el error experimental dentro de animales entre mediciones

Se tomó en cuenta la correlación entre medidas repetidas a través de un modelo auto regresivo de orden uno-AR (1).

Las curvas se compararon a través de contrastes.

#### **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los tratamientos de altura de pastoreo afectaron significativamente la altura, cantidad de forraje y el porcentaje de cenizas, mientras que la interacción tratamiento por día solo mostró significancia para la altura y disponibilidad.

El día de medición fue el efecto que presentó mayor importancia, siendo las diferencias significativas para varias de las variables analizadas, altura, algunos componentes del tapiz como restos secos y gramíneas productivas, siendo significativo además para todos los componentes del análisis químico del forraje.

En promedio para todo el período experimental la altura fue de 4,4; 6,9 y 9,0 cm, lo cual se correspondió con una disponibilidad de forraje de 1740; 2423 y 3221 Kg. MS. ha<sup>-1</sup>, para T3, T6 y T9 respectivamente. La tasa de crecimiento (TC) para estos tratamientos fue en promedio de 28; 35; y 38 Kg. MS. ha<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup>.

La composición botánica fue en promedio 67% festuca, 13% trébol blanco (TB), 2% lotus, 14% restos secos y 5% otras (corresponde principalmente a malezas).

La composición química fue en promedio 12,7% proteína (P), 50,7% fibra detergente neutro (FDN), 23,8% fibra detergente ácido (FDA) y 21,2% cenizas (Cz) en base seca.

## 4.1. ATRIBUTOS DE LA PASTURA

### 4.1.1. Altura de pastoreo

En el Cuadro No. 5 se presenta el efecto de los tratamientos sobre la altura de pastoreo promedio para el período experimental.

Cuadro No. 5: Efecto de los tratamientos de pastoreo sobre la altura promedio de festuca (medias de mínimos cuadrados promedio para ambos bloques y su correspondiente desviación estándar).

<b>Tratamientos</b>	<b>Altura (cm)</b>
<b>T3</b>	4,4 ± 0,2 a
<b>T6</b>	6,9 ± 0,2 b
<b>T9</b>	9,0 ± 0,2 c

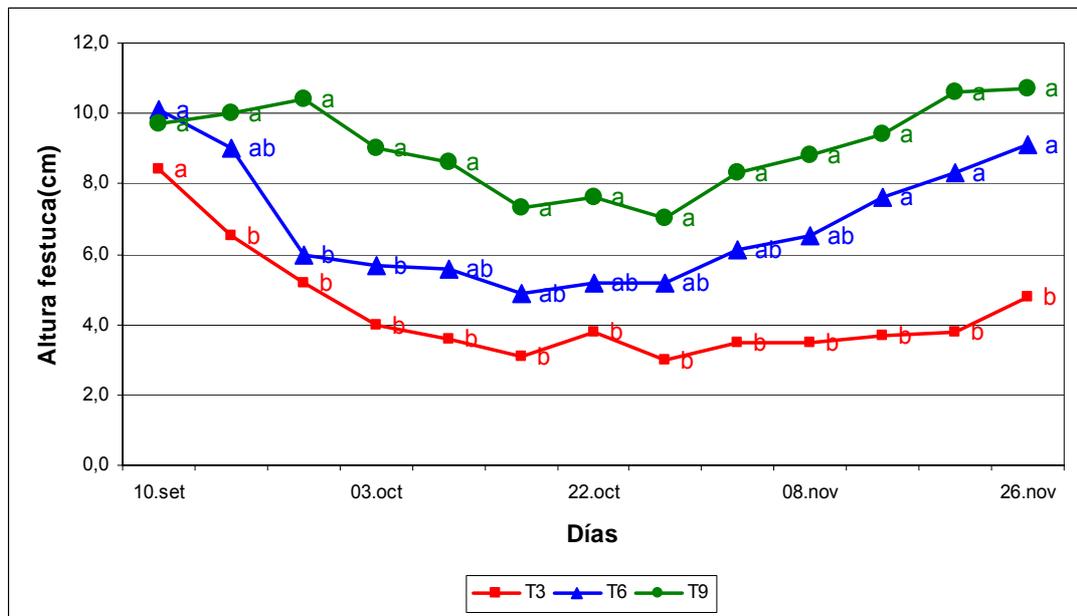
Letras diferentes indican diferencias significativas por Tukey ( $p < 0,05$ )

Se encontró diferencias entre tratamientos lo cual confirmó el objetivo planteado de tratamientos con diferentes alturas de pastoreo.

Se encontró un efecto significativo de la interacción entre tratamiento y día de medición, lo cual indica que los tratamientos se diferenciaron de manera diferente según el día de medición considerado.

La evolución de la altura de pastoreo a través de los días se muestra en la figura No. 5. Los tratamientos partieron de similares condiciones de altura, si bien ya en el primer día de medición se observó efecto de la mayor presión de pastoreo en T3 que presentó una menor altura. Son claras las diferencias logradas en altura por efecto de los tratamientos, aunque también se observa la dificultad de mantener una altura de pastoreo constante.

Figura No. 5: Evolución de la altura de pastoreo promedio para el período experimental para los diferentes tratamientos (medias de mínimos cuadrados promedio para ambos bloques).



Diferente letra dentro de cada día de medición indica diferencia significativa por Tukey ( $p < 0,05$ )

El desvío estándar promedio de la media fue de 0,5 cm para todos los tratamientos.

En todos los días de medición T3 se diferenció significativamente de T9 salvo en la primera medición donde no se constataron diferencias entre tratamientos. T6 si bien presenta en todos los días de medición una altura de pastoreo intermedia, no puede decirse que se diferencia significativamente de T3 y T9 en el 54% de las mediciones, mientras que en el 15% de las mediciones solo se diferencia significativamente de T9 y en el 23% solo de T3 (Anexo 1).

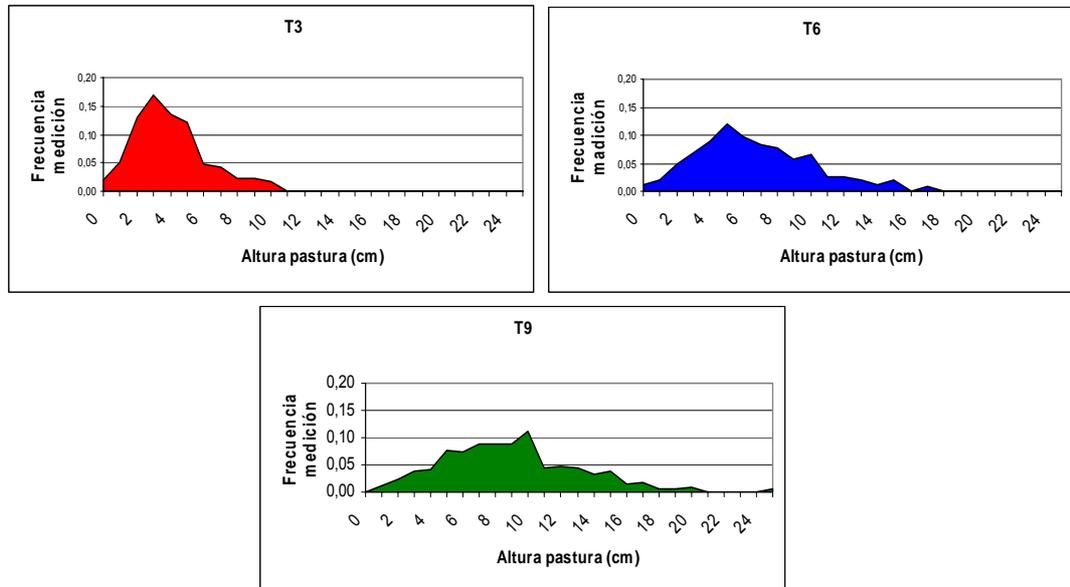
A partir de la cuarta semana de medición se establecieron con claridad las diferencias entre los tratamientos, las cuales se mantienen durante todo el período con distinta magnitud. En T9 y T6 cae la altura de pastoreo por debajo de la altura objetivo (9 y 6 cm respectivamente) en el mes de octubre y luego comienza a aumentar hasta el final del período. Esto da una idea de la dificultad de mantener una altura constante bajo pastoreo continuo, ya que como fue reportado por Birchman y Hodgson (1983) cuando el pastoreo animal está presente, la acumulación neta de forraje representa el balance entre crecimiento, senescencia y el consumo de forraje, por ende todos aquellos

factores que afectan la tasa de crecimiento, senescencia y consumo, afectaran el balance entre ellos y por consiguiente la altura de la pastura.

Por ende, para mantener bajo pastoreo continuo una altura de pastura constante debe lograrse un equilibrio entre el forraje producido y aquel consumido por el animal. Bajo este método de pastoreo los animales centran el consumo en un único estrato y consumen principalmente hojas (Wade et al., 2001) pero si el consumo animal supera el crecimiento de forraje los animales se ven obligados a pastorear a menor altura consumiendo en un estrato inferior con mayor contenido de vainas lo cual estaría influyendo en la producción animal y en la altura de pastura.

La altura promedio en cada parcela o tratamiento esta dada por una variabilidad interna por lo que es de importancia conocer la distribución de las mediciones de altura y su frecuencia dentro de cada tratamiento, dada la importancia que tiene en determinar en parte la producción animal como se verá más adelante, al condicionar las posibilidades de selección animal. La frecuencia de valores de altura dentro de cada tratamiento se aprecia en la figura No. 6.

Figura No. 6: Distribución de las alturas de medición y frecuencia de cada altura de medición según tratamiento.



Una menor altura de pastoreo (T3) se correlaciona con una mayor carga animal, esto lleva a una reducción en la frecuencia de sitios de pastoreo altos, siendo más probable las alturas bajas de pastoreo (la mayor cantidad de mediciones de altura se concentra entre 2 y 6 cm), lo cual determina un aumento de la homogeneidad de la altura de la pastura.

Por el contrario, cuando la altura de pastoreo objetivo fue mayor (T9), aumenta la frecuencia de sitios con mayor y menor altura del objetivo, registrando un rango más amplio de alturas de pastoreo, presentando cada valor de medición de altura una menor frecuencia. El T6 presentó un rango de alturas de medición intermedio entre T3 y T9. Esto concuerda con lo reportado por Virkajärvi et al. (2001) quienes mostraron que la asignación de forraje ( $AF - Kg. MS. animal^{-1}. día^{-1}$ ) afecta la altura post-pastoreo, donde una menor AF causa que los animales pastoreen bajo un modelo más uniforme, mientras que a superiores AF la distribución de alturas de pastoreo se ve ampliada.

#### **4.1.2. Tasa de crecimiento de forraje**

No se registró efecto significativo del tratamiento de altura de pastoreo ni del día de medición sobre la tasa de crecimiento de forraje (TC).

Se encontró una tendencia a que se incremente la TC con la altura de pastoreo. En promedio, para todo el período evaluado las tasas de crecimiento fueron de 28; 35 y 38 Kg. MS. ha<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup> para T3, T6 y T9 respectivamente, éste comportamiento presenta una tendencia lineal, con incrementos de 2,17 Kg. MS. ha<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup> por centímetro de incremento en la altura de pastoreo, lo cual se corresponde con un incremento lineal en la tasa de crecimiento de forraje de 7,75% por centímetro de incremento en altura entre 4,4 y 9 cm (Anexo 2). Esto concuerda con lo reportado por Virkajärvi (2004) quien trabajando con pasturas de festuca y timothy, encontró que incrementos en la altura de forraje desde 3 a 9 cm llevaron a un incremento lineal de 19% en la tasa de crecimiento de forraje.

La menor TC registrada en T3 puede estar determinada porque el remanente esta compuesto principalmente por las vainas de la festuca, que como es conocido presentan una menor eficiencia fotosintética que láminas, lo cual concuerda con lo reportado por Almada et al. (2007) donde en bajas asignaciones de forraje el remanente presentaría una capacidad limitada de producir fotoasimilados, tanto por tener una escasa área foliar como por presentar ésta una baja eficiencia fotosintética (principalmente vainas). Parsons y Chapman (2000) reportaron resultados similares, donde en defoliaciones severas, la tasa de fotosíntesis neta es inicialmente menor, reflejando el área foliar inicialmente baja, necesitando mucho tiempo para alcanzar la máxima tasa de fotosíntesis neta.

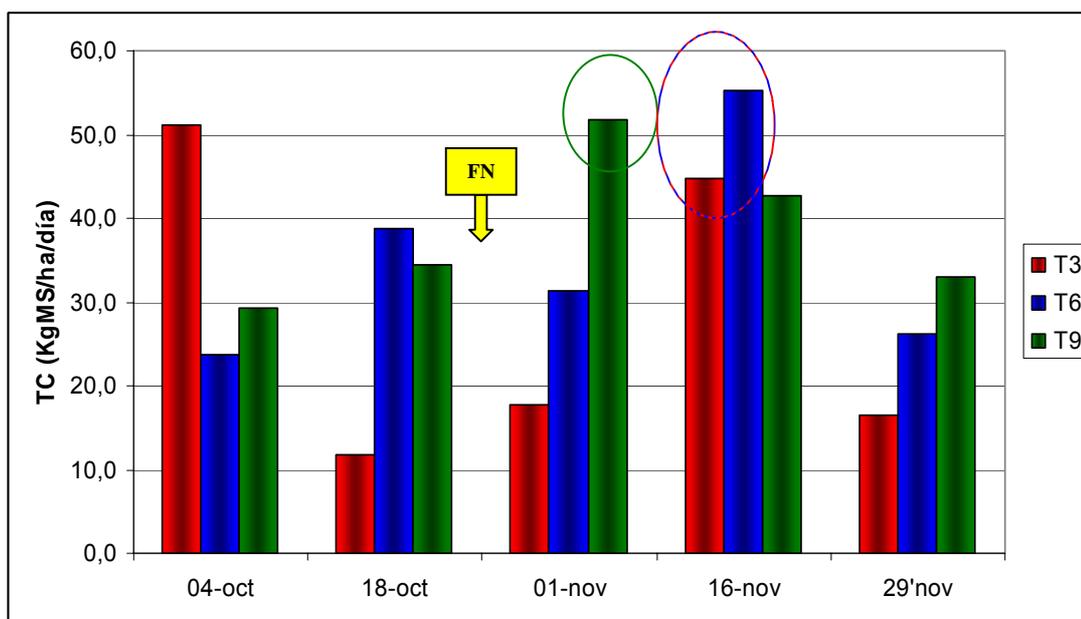
En cambio T6 y T9 deben presentar mayor cantidad de láminas en el remanente, el mayor índice de área foliar (IAF) en estos tratamientos permitiría una mayor intercepción de luz, esto fue reportado por Parsons y Chapman (2000) quienes mostraron que en defoliaciones poco severas la tasa de crecimiento es mayor inicialmente, reflejando una mayor área foliar residual. Birchman y Hodgson (1983) trabajando con Raygrás y Poa, encontraron resultados similares donde incrementos en la disponibilidad de forraje incrementaron la tasa de crecimiento, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en éste trabajo.

Bryan et al. (2000) encontraron además un efecto significativo de la interacción entre altura y año, indicando que solo en años buenos (con temperaturas y lluvias superiores al promedio) existió efecto de la altura de pastoreo sobre la tasa de crecimiento, incrementándose ésta al disminuir la altura de la pastura, respuesta contraria a la reportada por los autores anteriores. Sin embargo, en años secos el efecto del pastoreo a diferentes alturas fue menos pronunciado y la tasa de crecimiento del forraje más corto se vio mas deprimida que la del forraje alto. Este comportamiento se debe a que cuando el remanente es escaso, la pastura tiene muy baja capacidad de responder a condiciones desfavorables debido a que las reservas de la planta y la intercepción lumínica son escasas, por lo tanto frente a un déficit hídrico la planta detiene el crecimiento y puede incluso morir, lo cual llevaría pérdida de plantas y por ende disminución de la persistencia de la pastura.

Para el presente trabajo durante el período experimental ocurrieron lluvias similares a los promedios históricos con algunas variaciones en la distribución de las mismas, principalmente se concentraron en la primer quincena de octubre, lo cual tiene influencia directa en las tasas de crecimiento encontradas.

No se constató interacción significativa entre día de medición y tratamiento para la tasa de crecimiento, pero ésta tendió a comportarse diferente en el transcurso del período experimental según tratamiento (Figura No. 7).

Figura No. 7: Tasa de crecimiento promedio (Kg. MS. ha<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup>) según tratamiento para el período experimental.



Referencias: TC- tasa de crecimiento de forraje.

Círculo verde- momento en que T9 presenta la máxima TC (52 Kg. MS. ha<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup>).

Círculo azul y rojo- momento en que T3 y T6 presentan la mayor TC (48 y 55 Kg. MS. ha<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup>).

FN- fertilización nitrogenada (80 Kg. ha<sup>-1</sup> de UREA).

En la primera determinación, la tasa de crecimiento de forraje fue superior en T3 con respecto a T6 y T9. Esto se debe a que no estaban establecidas las diferencias de altura entre tratamientos, siendo la altura promedio de T3, 6,5 cm lo cual llevó a altas tasas de crecimiento de forraje, mientras que en T6 y T9 las alturas fueron 9 y 10 cm respectivamente lo cual determina un incremento en la tasa de senescencia de forraje en estos tratamientos y una menor tasa de crecimiento.

Al observar las tasas de crecimiento luego de establecidos los tratamientos de altura T3 y T6 registraron un comportamiento similar con una mayor tasa de crecimiento a mediados de noviembre (55 ± 19 y 45 ± 19 Kg. MS. ha<sup>-1</sup>. día<sup>-1</sup>

respectivamente), T9 se comporto diferente, donde la mayor tasa se constató a principios del mismo mes con valores de  $52 \pm 19 \text{ Kg. MS. ha}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ . La tasa de crecimiento de forraje depende fuertemente de las condiciones ambientales, mientras que la altura de pastoreo provoca diferentes respuestas a cambios en dichas condiciones ambientales (Bryan et al., 2000).

La tasa de crecimiento promedio para todo el período fue superior en T9 registrando una mayor tasa a principios de noviembre. En cambio la tasa de crecimiento de T3 y T6 fue inferior en dicho momento, sin embargo estos tratamientos tuvieron una mayor capacidad de responder a cambios favorables en las condiciones climáticas (lluvia e incremento en temperatura) y fertilización nitrogenada que T9, lo cual lo indica la mayor tasa de crecimiento de estos a mediados de noviembre. Esta respuesta inmediata de la pastura frente a mejoras en las condiciones de fertilización y agua disponible esta indicando que la misma se encontraba creciendo bajo condiciones sub-óptimas, por lo tanto no expresando su potencial de producción, lo cual es muy común en los sistemas de producción de nuestro país.

El incremento en TC luego de que mejoraron las condiciones para el crecimiento se observó en todos los tratamientos y coincide con lo reportado por Cruz y Boval (1999) quienes mostraron para *Festuca arundinacea* que la tasa de expansión de hojas y la longitud final de la hoja incrementaron entre 3 y 4 veces debido a mejoras en la nutrición nitrogenada.

La mejora en la TC fue mayor en T3 y T6 pero alcanzaron la máxima TC más lentamente que T9, éste último si bien presentó una respuesta menor respondió más rápidamente, lo cual esta explicado principalmente por el área foliar remanente de cada tratamiento. Esta respuesta coincide con la reportada por Parsons y Chapman (2000) quienes mostraron que cuando ocurren defoliaciones severas la tasa de fotosíntesis neta de la pastura es inicialmente menor, reflejando el área foliar inicialmente baja, y toma mucho tiempo para alcanzar la máxima tasa de fotosíntesis neta, lo cual explica que en T3 y T6 la TC sea máxima quince días después que en T9. La mayor rapidez de T9 en alcanzar la máxima TC también coincide con lo reportado por estos autores, donde en defoliaciones poco severas, la tasa de fotosíntesis es inicialmente mayor, reflejando una mayor área foliar inicial y la tasa máxima de fotosíntesis se alcanza más rápido.

Luego de alcanzada la máxima TC en T9, mientras T3 y T6 continuaron incrementando la TC, ocurrió en T9 una disminución de la misma. Esto está explicado por el incremento en la tasa de senescencia y coincide con el modelo propuesto por Parsons y Chapman (2000) donde en defoliaciones poco severas reportaron que no solo la tasa de fotosíntesis es inicialmente mayor sino también la tasa de muerte de tejido, por lo que la tasa de senescencia máxima es alcanzada antes. Esto lleva a que luego de alcanzada la máxima tasa promedio de crecimiento, como incrementa además la tasa de senescencia, la TC declina al continuar el rebrote por un balance desfavorable entre crecimiento y muerte de tejido.

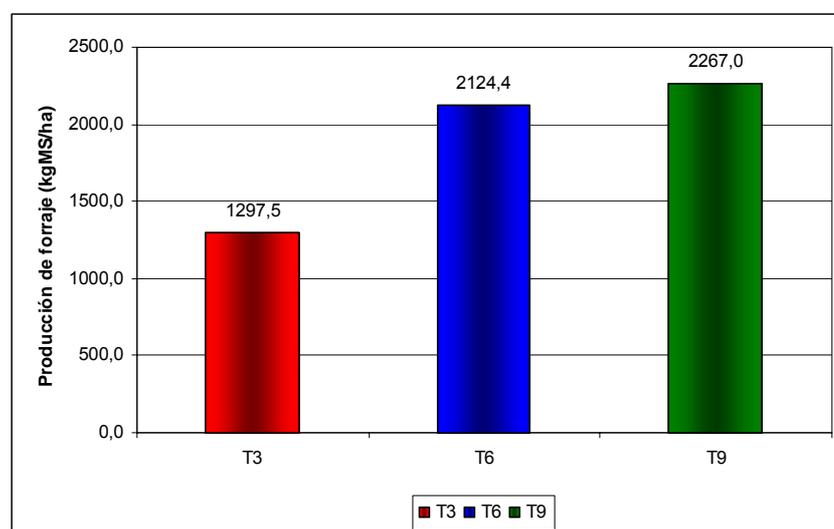
Otra posible explicación a estos resultados es el estado de desarrollo de los macollos, mientras en T3 y T6 la mayoría de las plantas se encontraban en estado vegetativo, debido a que el pastoreo remueve los ápices reproductivos de los macollos elongados, en T9 gran proporción de macollos se encontraban en estado reproductivo, lo cual puede estar explicando la mayor TC temprano en noviembre cuando las condiciones no eran tan favorables para el crecimiento y la mayor respuesta de T3 y T6 cuando mejoraron las condiciones. Esto fue mostrado por Virkajärvi (2004) quien reportó que la proporción de tallos vegetativos fue el factor que más afectó la tasa de rebrote luego de una defoliación durante la fase de crecimiento reproductiva.

Cabe destacar que los animales fueron retirados de las parcelas el 1° de noviembre en T6 y T9, y el 7 de noviembre en T3, lo cual coincide con los incrementos de altura observados y puede estar influenciando en la tasa de crecimiento de forraje.

### 4.1.3. Producción de forraje

La producción de forraje para el período experimental resultó superior en T6 y T9 sobre T3 (Figura No. 8).

Figura No. 8: Producción de forraje acumulada para el período experimental según tratamiento.



T9 fue el tratamiento que presentó la mayor producción de forraje para el período, produjo aproximadamente 150 Kg. MS. ha<sup>-1</sup> más que T6, mientras que su producción fue de aproximadamente 1000 Kg. MS. ha<sup>-1</sup> más que T3.

Almada et al. (2007) reportaron resultados similares pero trabajando con asignación de forraje (AF), encontraron que incrementos en AF hasta 8% del peso vivo animal, llevan a una producción de forraje mayor pero con incrementos decrecientes, luego de dicha AF la producción disminuye por incrementos en las tasa de senescencia.

Estas diferencias en producción de forraje entre los tratamientos de altura de pastoreo tienen gran impacto dentro de un sistema de producción, ya que es

fundamental lograr mayores producciones de forraje para mejorar la eficiencia global de los sistemas.

Una mayor producción de forraje disminuye los costos por unidad de MS producida, ya que con igual cantidad de insumos la producción es mayor. Si bien el período evaluado en dicho trabajo no es suficiente como para extraer conclusiones sobre la producción de forraje, proporciona una idea de cómo varía ésta con diferentes alturas de pastoreo de *Festuca arundinacea* y conocer dichos valores de producción de forraje para diferentes alturas de pastoreo es una herramienta clave para el manejo de los sistemas.

Si bien T3 presentó una mayor capacidad de respuesta en crecimiento al mejorar las condiciones, no se reflejó en una mayor producción de forraje total, expresado en otras palabras al considerar un plazo mayor de tiempo T3 resultó con menor eficiencia que T6 y T9. Mientras que T9 inversamente a T3, si bien presentó una menor respuesta al mejorar las condiciones en cuanto a tasa de crecimiento, debido a la menor fotosíntesis neta provocada por las mayores tasas de senescencia en forrajes manejados a mayor altura de pastoreo, en el largo plazo registró un mejor comportamiento en lo que respecta a producción de forraje total. La menor producción de forraje registrada en T3 coincide con lo mencionado por Burns et al. (2002) quienes reportaron que la festuca responde favorablemente a pastoreos intensos, pero cosechar además frecuentemente (como lo que ocurre bajo pastoreo continuo a 3 cm de altura) es perjudicial para la producción de materia seca, ya que no se permite un tiempo suficiente para el rebrote (Virkajärvi et al., 2001).

#### **4.1.4. Disponibilidad de forraje**

Se constató efecto significativo ( $p < 0,05$ ) del tratamiento sobre la disponibilidad de forraje, diferenciándose significativamente T3 de T9. Si bien T6 presenta valores intermedios de disponibilidad de forraje con respecto a T3 y T9 debido a la magnitud del error no es posible diferenciarlo significativamente de ambos.

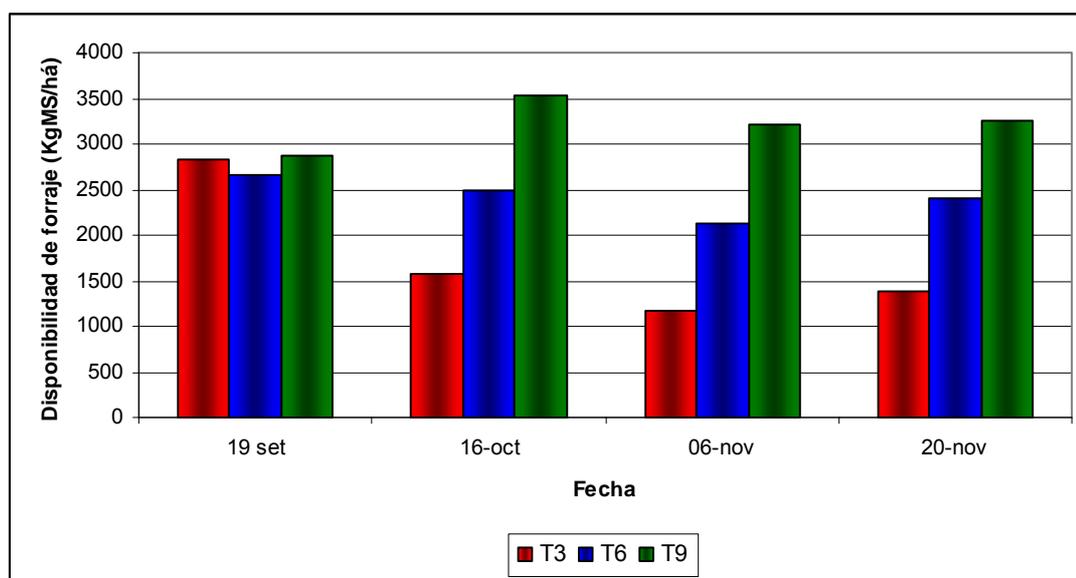
En promedio la disponibilidad de forraje fue 1740, 2423 y 3221 Kg. MS. ha<sup>-1</sup> para T3, T6 y T9 respectivamente, lo cual resulta obvio, ya que una menor

altura de pastoreo se corresponde con menor cantidad de forraje, lo cual esta directamente determinado por la mayor carga animal. En este sentido ha sido reportado que incrementos en la carga animal o disminuciones en la asignación de forraje llevan a una disminución en la disponibilidad de forraje como lo ocurrido en T3 (Bransby et al. 1988, Virkajärvi et al. 2001).

Se registró una tendencia lineal significativa ( $p=0,018$ ) al relacionar la altura de la pastura con la disponibilidad de forraje, lo cual indica que al incrementar la altura de pastoreo, la disponibilidad de forraje aumenta linealmente (Anexo 3), esto concuerda con lo reportado por Almada et al. (2007) trabajando sobre pasturas con predominio de raigras perenne a diferentes asignaciones de forraje. Bryan et al. (2000) también mostraron que la disponibilidad de forraje refleja las mismas diferencias entre tratamientos que la altura de la pastura, lo cual soporta la relación lineal significativa encontrada entre altura y disponibilidad. Otros autores también han reportado que incrementos en la asignación de forraje incrementan tanto la disponibilidad como la altura de pastoreo (Virkajärvi et al., 2001); así como también incrementos en la carga bajo pastoreo continuo, primero incrementan la frecuencia de defoliación de plantas, decrece la altura del remanente, y reducen la disponibilidad de forraje por hectárea (Bransby et al., 1988).

El efecto de los tratamientos interaccionó significativamente con el día de medición ( $p<0,05$ ), registrándose diferencias significativas entre tratamientos dependiendo del día de registro, esto se debe a que en la primera medición de disponibilidad los tratamientos se encontraban con similares cantidades de forraje (no estaban establecidas las diferencias entre tratamientos) y por lo tanto no se registraron diferencias significativas entre tratamientos para dicha fecha (Figura No. 9).

Figura No. 9: Disponibilidad de forraje (Kg. MS. ha<sup>-1</sup>) según tratamiento y fecha de determinación durante el período experimental.



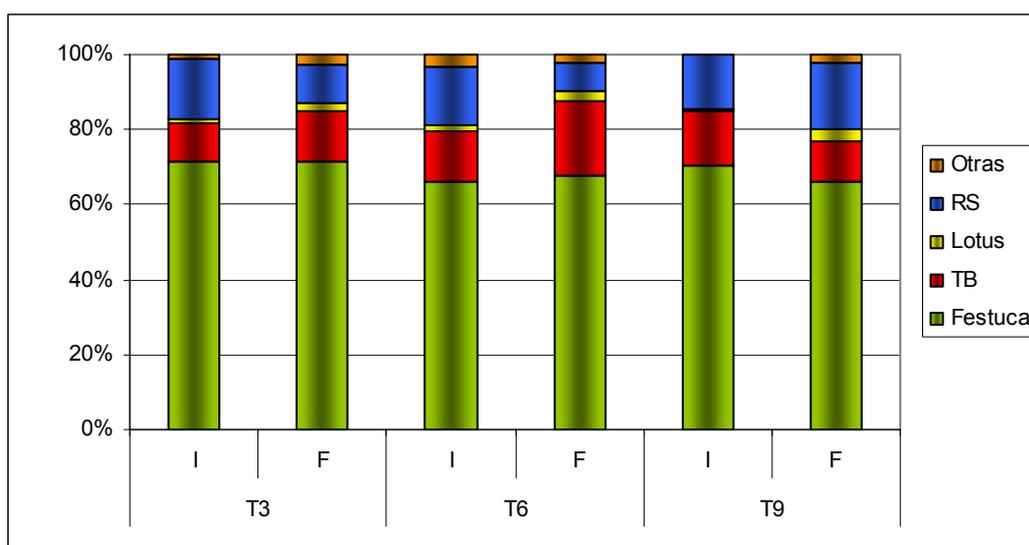
Las diferencias se establecieron a partir de la segunda fecha de medición y se mantuvieron hasta culminar el experimento. Se registró diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre T3 y T9, pero no entre T6 y los demás tratamientos si bien los valores de éste fueron intermedios.

La disponibilidad de forraje mostró un comportamiento similar a la altura de la pastura, lo cual concuerda con lo reportado por Almada et al. (2007).

#### 4.1.5. Composición botánica

La proporción de cada especie en el tapiz no se diferenció ni entre tratamientos, ni a través del tiempo, lo cual resulta obvio debido al corto período de tiempo evaluado el cual no permite que se expresen cambios en composición botánica provocados por el efecto de los tratamientos. La composición botánica al inicio y fin del experimento se muestra en la figura No. 10.

Figura No. 10: Composición botánica como porcentaje por apreciación visual según tratamiento, promedio para ambos bloques, al inicio (I) y fin (F) del período experimental.



Referencias: RS – restos secos

TB- trébol blanco

Otras – corresponde principalmente a malezas

I - corresponde a la fecha inicio del experimento (19/09/2007)

F – corresponde a la fecha fin del experimento (20/11/2007)

La especie predominante en el tapiz independientemente del tratamiento fue la festuca con un porcentaje del total de MS promedio de 66%, seguido de las leguminosas de la mezcla con un 15% (dentro de éstas el mayor aporte lo hizo el trébol blanco vs. lotus), registrándose un 14% de RS y un 5% de otras especies, dentro de las cuales se encontraban otras gramíneas y malezas. Según Martz et al. (1999) bajo un manejo intensivo del pastoreo existe un cambio inicial en la composición de especies y luego se estabiliza siendo razonablemente estable el porcentaje de especies en el tapiz, cambiando solo ligeramente entre años.

Si bien trébol blanco presentó una mayor proporción que lotus en el total de MS de la pastura, los porcentajes para ambas leguminosas son bajos. Los bajos porcentajes de leguminosas pueden estar asociados a problemas de

implantación, de desarrollo y crecimiento durante el establecimiento de la pastura, lo cual concuerda con lo reportado por Almada et al. (2007) trabajando con raigrás perenne en mezcla con leguminosas. También la fertilización nitrogenada puede influir en las proporciones de gramíneas y leguminosas encontrados, ya que favorece el crecimiento de gramíneas perjudicando el crecimiento de leguminosas al mejorar la competitividad de las primeras.

El porcentaje de trébol blanco presentó una tendencia a incrementar en los tratamientos de mayor presión de pastoreo (T3 y T6) lo cual puede estar determinado porque un pastoreo más intenso, reduce la competencia de la festuca y permite que más luz ingrese hasta los estratos inferiores alcanzando las hojas de trébol blanco y mejorando su eficiencia. El trébol blanco es una especie que no tolera el sombreado y necesita recibir directamente luz, por ende la mayor proporción de gramíneas en el tapiz estaría afectando el crecimiento de leguminosas, especialmente trébol blanco, por su porte rastrero, mediante el efecto del sombreado. Esto se constata ya que en T9, donde puede haber efecto del sombreado de la festuca, hubo una disminución de la fracción trébol blanco desde el inicio al final del experimento, en cambio en T3 y T6 la tendencia fue inversa, siendo el incremento del trébol blanco mayor en T6. El menor incremento del trébol blanco en T3 a pesar de que las posibilidades de captación de luz son mayores se deben a que la alta carga animal, lleva a defoliaciones frecuentes a nivel de planta individual que perjudican el crecimiento del trébol blanco.

El porcentaje de lotus en la pastura fue bajo, en promedio para todos los tratamientos y para el período experimental representó un 1,6% de la pastura. Pareciera existir una tendencia a que el porcentaje de este componente aumente con los días de medición, desde la medición inicial hasta la final, lo cual ocurre en todos los tratamientos pero con mayor magnitud en T9, esto difiere de lo reportado por Leep et al. (2002) quienes mostraron que luego del segundo evento de defoliación el lotus disminuye su vigor y debido al incremento de la competencia con gramíneas, tiende a disminuir su porcentaje en la mezcla. En cuanto al porcentaje de otros, que corresponde principalmente a malezas se constató una tendencia a incrementar con el aumento de los días de pastoreo independientemente del tratamiento.

El porcentaje de restos secos tiende a decrecer a medida que avanzan los días de pastoreo en T3 y T6, lo inverso ocurre en T9 (Anexo 4). Se constató un efecto significativo ( $p < 0,05$ ) del día de medición sobre el porcentaje de restos

secos (RS). En las dos primeras mediciones se registró una mayor proporción de RS que en las dos últimas mediciones, diferenciándose significativamente el porcentaje de RS registrado el día 16/10 de los registrados en las mediciones sucesivas, siendo un 34% y un 39% inferior para las mediciones de los días 6/11 y 20/11 respectivamente (Cuadro No. 6).

Cuadro No. 6: Porcentaje de restos secos según fecha de medición promedio de bloques y tratamientos.

Fecha	RS (%)
19/09/2007	15,3 ab
16/10/2007	18,6 a
06/11/2007	12,2 b
20/11/2007	11,4 b

Diferente letra indica diferencias significativas por Tukey ( $p < 0,05$ )

El desvío estándar de la media es de 1,2 % para todos los tratamientos.

Como ya fue mencionado anteriormente, ésta disminución del porcentaje de RS está explicada principalmente por T3 y T6, ya que en T9, hubo una tendencia a incrementar dicha proporción. Esto es lógico, ya que una menor altura de pastoreo, provoca una mayor remoción de forraje, mayor utilización del forraje y una disminución en la selectividad animal, por lo tanto, mas cantidad de forraje senescente es consumido por el animal. Esto concuerda con lo reportado por Chico<sup>4</sup>, quien mostró que incrementos en la carga animal reducen el porcentaje de RS por mayor remoción del forraje. García (2006) encontró efecto significativo de la interacción carga y período sobre el porcentaje de forraje verde, donde aumentos de carga llevaron a una mayor proporción de forraje verde debido a la mayor remoción de restos secos por los animales. Cid et al. (1998) encontraron también similares resultados, donde alta carga animal o intensidad de pastoreo incrementan la utilización de forraje, tanto verde como seco. Otra explicación que puede ser atribuida a esta tendencia a aumentar el porcentaje de RS con disminución en la carga, es aquella reportada por Lemaire y Agnusdei (2000) quienes encontraron que aumentos en la carga disminuyen el flujo de senescencia como resultado del incremento en la probabilidad de defoliación de hojas individuales, por lo tanto menor cantidad de RS habría bajo pastoreo a elevadas cargas como lo ocurrido en T3.

Si bien no fue evaluado, se observó en el campo que en T3 incrementó de forma considerable el área de suelo desnudo, lo cual estaría dando una idea de que manejos de pastoreo continuo a 3 cm de altura de regla no es sostenible a través del tiempo, porque incrementa la pérdida de plantas. Esto fue constatado en el periodo posterior a este trabajo, donde condiciones desfavorables de un verano seco llevaron al abandono de T3 en el experimento, debido a la gran pérdida de plantas y por ende el bajo crecimiento que no permitió sostener los animales produciendo en dicho tratamiento, la demanda animal superó la oferta de forraje ampliamente.

#### **4.1.6. Composición química de la pastura**

La composición química (CQ) de la pastura no fue afectada significativamente por los tratamientos de altura de pastoreo, pero se observaron en los diferentes componentes del análisis químico del forraje distintas tendencias, según tratamientos. En el cuadro No. 7 se muestra la variación en la CQ del forraje según tratamiento.

Cuadro No. 7: Variación en los componentes del análisis químico de forraje, según tratamiento de altura de pastoreo.

<b>Componentes</b>	<b>T3</b>	<b>T6</b>	<b>T9</b>
<b>% FDN</b>	47	52	53
<b>% Cz</b>	27 a	19 b	17 b
<b>% PC</b>	12	13	13
<b>% MS</b>	33	29,3	29,6
<b>% FDA</b>	22	24	25

Diferente letra en la fila difieren significativamente por Tukey (p<0,05)

Referencias: %FDN es el porcentaje de fibra detergente neutro

%Cz es el porcentaje de cenizas

%PC es el porcentaje de proteína cruda

%MS es el porcentaje de materia seca

%FDA es el porcentaje de fibra detergente ácido

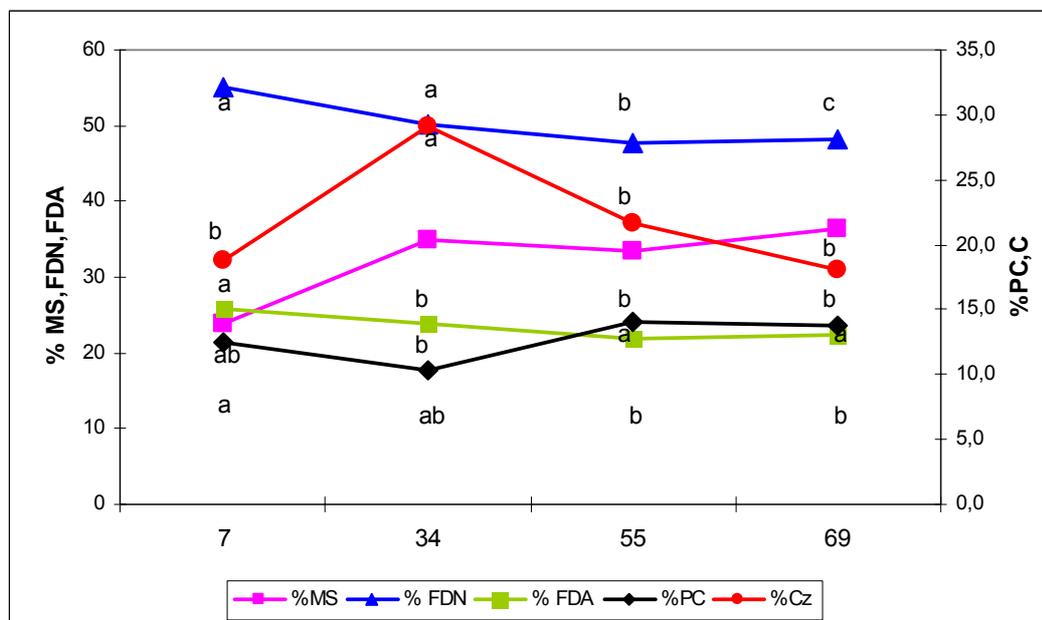
El porcentaje de proteína cruda (PC) fue similar para todos los tratamientos siendo en promedio 12,7%. El porcentaje de materia seca (MS) tendió a ser superior en T3. Existió una tendencia a que el contenido de FDN incrementara al aumentar la altura de pastoreo, lo cual coincide con lo reportado por Burns et al. (2002) quienes encontraron que los tratamientos menos intensivos resultaron en forraje con mayor FDN y concentración de los componentes de la fibra, mientras que los tratamientos más intensivos de defoliación produjeron forraje con menores concentraciones de este componente. Igual tendencia presentó el porcentaje de FDA.

En contraste el porcentaje de cenizas (Cz) fue superior en el tratamiento de menor altura (T3) de forraje diferenciándose significativamente ( $p < 0,05$ ) de T6 y T9 y decreció al incrementar la altura de pastoreo.

El porcentaje de cenizas de T6 y T9 fue un 27 y un 34% menos que el registrado en T3, lo cual puede deberse a que en pasturas manejadas a baja altura es más factible que las muestras colectadas presenten mayor cantidad de tierra, además al presentar mayor porcentaje de suelo desnudo el forraje es contaminado por partículas de suelo más fácilmente debido al salpicado cuando llueve y además el pisoteo animal lleva a mayor contenido de barro en la pastura.

El día de medición tuvo efecto significativo en todos los componentes del análisis químico, lo cual indica la rapidez con que se dan los cambios en CQ de la pastura, variando dentro de estaciones del año. En la figura No. 11 se presenta la evolución de los componentes químicos del forraje.

Figura No. 11: Evolución de los componentes de la composición química del forraje.



Diferente letra en la curva para cada componente, muestra diferencias significativas por Tukey ( $p < 0,05$ )

- Referencias:
- %MS es el porcentaje de materia seca
  - %FDN es el porcentaje de fibra detergente neutro
  - %FDA es el porcentaje de fibra detergente ácido
  - %PC es el porcentaje de proteína cruda
  - %Cz es el porcentaje cenizas

El porcentaje de MS fue inferior en la primera medición, lo cual puede deberse a que la mayor parte de los macollos de festuca se encontraban en estado vegetativo. Luego incrementa el contenido de MS en las sucesivas mediciones, lo cual coincide con cambios a estado reproductivo de las plantas que llevan a mayores porcentajes de MS.

El porcentaje de fibra, tanto FDN como FDA disminuyen con el transcurso de los días de medición, diferenciándose significativamente ( $p < 0,05$ ) el primer registro de los siguientes, lo cual concuerda con lo expresado anteriormente, donde en la primera medición la disponibilidad de forraje fue mayor llevando a mayores porcentajes de forraje maduro en el tapiz y menor proporción de

rebrote, por ende mayor cantidad de pared celular y mayor fibra lo cual concuerda con lo reportado por Burns et al. (2002).

El porcentaje de PC presentó un comportamiento diferente, se diferenció significativamente con menor porcentaje (10,3%) al día 34 de comenzado el experimento, siendo previo a dicha medición 2,2 puntos porcentuales superior, incrementando además luego del día 34 a valores de 14,1 y 13,7% para el día 55 y 69 respectivamente, ambos valores superiores a la primera medición. Estos resultados están explicados principalmente por las condiciones ambientales. El menor porcentaje de PC registrado en dicha fecha se corresponde con un incremento del porcentaje de cenizas, por lo tanto si se corrige por cenizas es probable que esta disminución en PC no se constate verdaderamente ya que la PC tiende a ser constante a lo largo de la estación, registrando solo pequeñas variaciones debidas a cambios en el estado de desarrollo de las plantas (pasaje a estado reproductivo) comportamiento que podría darse principalmente en T9, pero en este trabajo no se constataron diferencias para dicho tratamiento. Bryan et al. (2000) reportaron que en forrajes pastoreados a baja altura es posible que presenten mayor contenido de PC que tratamientos pastoreados a media y alta altura. El incremento de PC en las dos últimas mediciones puede deberse a la fertilización nitrogenada realizada el 19 de octubre, lo cual determina mayor contenido de nitrógeno disponible para el crecimiento y formación de proteína en planta.

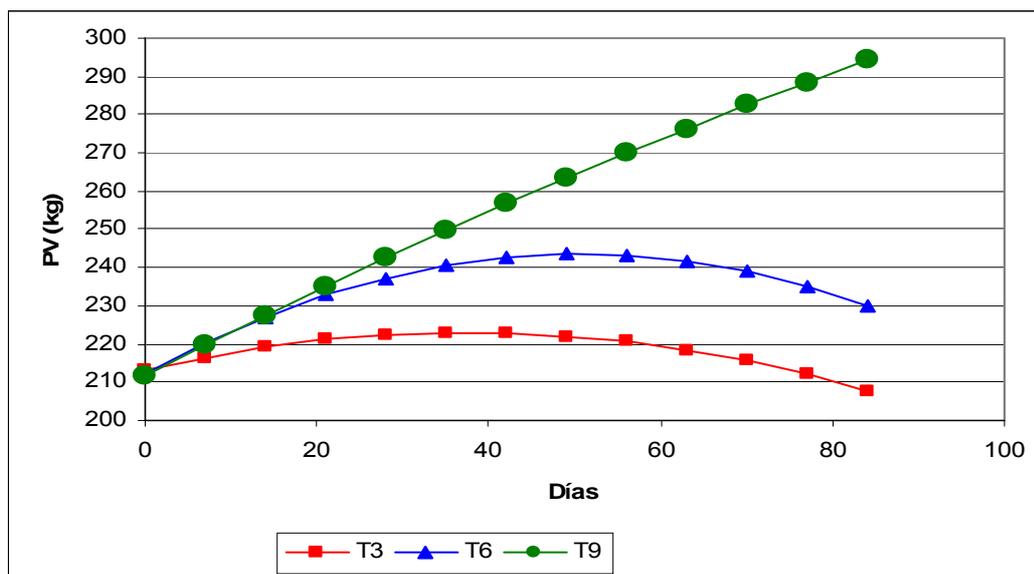
El contenido de Cz en cambio, varió de forma inversa al porcentaje de PC, incrementando considerablemente el día 34 de medición siendo 29,2%. Este porcentaje se diferenció significativamente del resto de las mediciones ( $p < 0,05$ ), donde el porcentaje fue en promedio 9,7 puntos porcentuales menor. Este comportamiento esta explicado principalmente por el T3 quien presentó mayor porcentaje de Cz en todas las mediciones y particularmente más Cz el día 34, aunque también en T6 y T9 fue mayor para dicho día de medición. Esto puede estar explicado por las condiciones ambientales, ya que durante los 15 días previos al muestreo del día 34 las precipitaciones fueron de 200 mm, lo cual llevó a que el corte de forraje se realizara en condiciones de barro y las plantas estuvieran salpicadas por partículas de suelo y pisoteadas, lo cual incrementa el porcentaje de Cz en las muestras.

## 4.2. PRODUCCIÓN ANIMAL

### 4.2.1. Evolución de peso vivo por animal

La altura de pastoreo afectó la evolución del peso vivo de los animales, presentando las ganancias de peso vivo una evolución de forma cuadrática, con una primera fase de incrementos lineales y luego incrementos cuadráticos con un coeficiente negativo lo cual esta indicando que el peso vivo alcanzó un máximo y luego tuvo un decrecimiento en dichos valores. Este comportamiento cuadrático de la evolución del peso vivo fue mas marcada para T3 y T6, mientras que T9 presentó un comportamiento más lineal, siendo el incremento de peso siempre positivo (Figura No. 12).

Figura No. 12: Evolución del peso vivo animal promedio (Kg. PV. animal<sup>-1</sup>) según días para cada tratamiento.



El PV de T6 y T9 comienza con similar evolución hasta la tercera semana, luego comienzan a diferenciarse de manera progresiva. Esto coincide con el momento de establecimiento de los tratamientos de altura. En cambio T3 ya la primera semana se diferenció de los otros, mostrando un leve incremento en peso vivo para luego decrecer.

Existió diferencia significativa entre las curvas de evolución de PV para todos los tratamientos ( $p < 0,05$ ), así como también en los coeficientes de las curvas.

El PV evolucionó durante el período experimental de forma cuadrática, siendo el modelo que se ajusta:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot \text{día} + (b_2 \cdot \text{día})^2$$

donde Y es el peso vivo animal,  $b_0$ ,  $b_1$  y  $b_2$  son los coeficientes de la curva, cuyos valores se presentan en el Cuadro No.8.

Cuadro No. 8: Valores de los coeficientes de la curva de evolución de peso vivo animal para cada tratamiento.

Tratamientos	$b_0$	$b_1$	$b_2$
<b>T3</b>	213,2	0,52	-0,007
<b>T6</b>	212,3	1,23	-0,012
<b>T9</b>	211,9	1,15	-0,002

El intercepto fue mayor para T3, seguido de T6 y T9. El coeficiente para la primera parte de la curva, coeficiente de regresión lineal, varió de forma diferente, indicando que los incrementos en PV fueron menores para T3, luego T9 y superiores para T6. El componente cuadrático también fue diferente entre los tres tratamientos, siendo para todos ellos negativo lo cual indica que los incrementos en PV decrecen con el transcurso de los días de medición, siendo menor para T6, T3 y T9 respectivamente. Tanto T3 como T6 alcanzaron un máximo de PV en diferente momento (aproximadamente el día 35 y 49 para T3 y T6 respectivamente) para luego decrecer, mientras que en T9 los incrementos en PV se dieron durante todo el período evaluado lo cual se corresponde con los mayores pesos logrados por los animales pertenecientes a dicho tratamiento. Existió además efecto significativo del peso al inicio, lo cual muestra que animales cuyo peso fue superior al inicio del experimento alcanzaron también mayor peso al final del mismo.

En promedio para todo el período experimental los animales tuvieron una ganancia diaria promedio de 0,08; 0,53 y 1,06 Kg.  $\text{animal}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$  para T3, T6 y T9 respectivamente.

Si bien en promedio los animales en T3 mantuvieron el peso, luego de alcanzadas las alturas objetivo, los animales tendieron a perder peso. Este comportamiento de pérdida de peso en T3 podría estar determinado principalmente porque la demanda animal supera la oferta de la pastura limitando el consumo de forraje. Además, elevadas presiones de pastoreo no permiten que los animales seleccionen forraje y mejoren la calidad de lo consumido con respecto a lo disponible. Este comportamiento se ve influenciado también por las diferencias en heterogeneidad de alturas entre los tratamientos como ya fue expresado anteriormente.

En T3 la mayor carga animal estaría obligando a los animales a consumir forraje a una altura menor, por ende disminuye la capacidad de selección y aumentan los costos de cosecha. Esto se relaciona estrechamente con la producción animal, y concuerda con lo reportado por Berrutti (1994) quien encontró que mayores presiones de pastoreo condicionaron a los animales a consumir el forraje hasta estratos muy bajos para poder satisfacer su consumo.

Cuando disminuye la altura de pastoreo, aun cuando la calidad y cantidad del forraje seleccionado y consumido pueda mantenerse, por modificaciones en el tiempo de pastoreo y tasa de bocado, la producción por animal se resiente, debido al incremento del gasto de energía para mantenimiento, dada la mayor actividad de pastoreo involucrada en la búsqueda, selección, y manipulación del forraje (Ungar, 1996).

Una mayor altura de pastoreo (T9) lleva a mayor heterogeneidad en el tapiz, lo cual permite el pastoreo en parches y aumenta las posibilidades de selección animal y con ello la respuesta animal. Esto fue reportado en nuestro país por García (2006) quien trabajando con dos diferentes cargas, encontró que cuando la carga fue superior, la frecuencia de sitios altos disminuye y con ello disminuye la heterogeneidad del tapiz y las posibilidades de selección animal. Por otro lado Cid et al. (1998) mostraron que la carga afecta la proporción relativa de parches con diferente utilización, mayor carga aumenta los sitios con alta utilización del forraje.

A pesar de no haberse medido consumo, claro está que no fue posible mantener adecuados niveles de consumo de energía al variar los componentes del comportamiento ingestivo en T3, no existiría compensación y los animales consumieron por debajo de lo requerido lo cual determinó pérdidas de peso

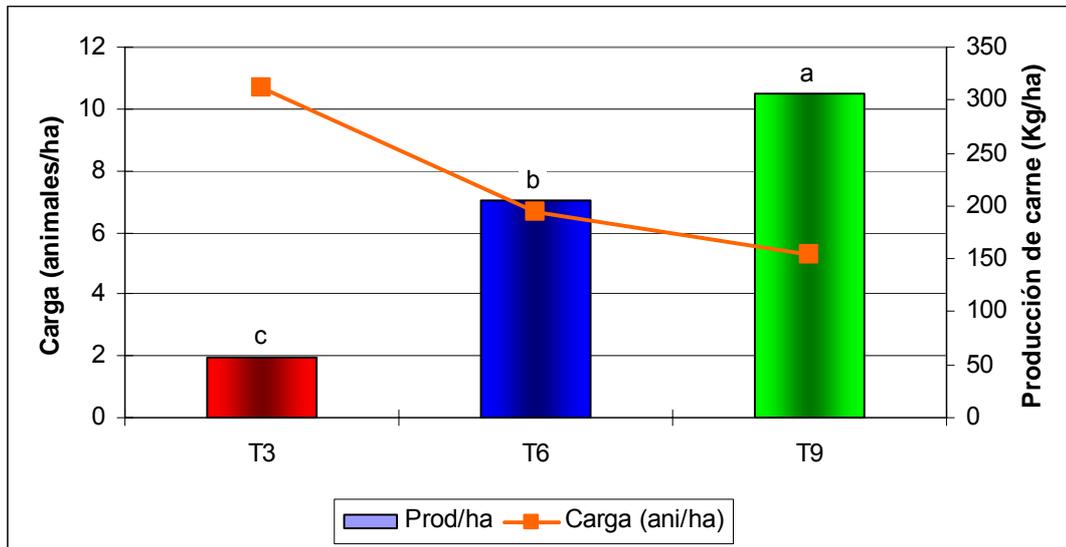
vivo. Esto concuerda con lo reportado por Soca et al. (2001). Las mayores ganancias diarias promedio registradas en T9 se deben a las mayores posibilidades de selección con respecto a T6 que llevan a que la calidad de la dieta consumida sea superior a la del forraje disponible, lo cual concuerda con lo reportado por Almada et al. (2007).

La baja ganancia de los animales en T3 esta determinada por la disminución en consumo de forraje. Existe un acuerdo general que el consumo de forraje individual y la producción animal declinan con incrementos en la carga y esto es debido a la disminución en la cantidad de forraje disponible por animal para el consumo (Birchman y Hodgson, 1983). La altura de la pastura es la variable que en mayor medida influye en la tasa de consumo mediante la profundidad de bocado y con ello en el peso de bocado. Esto concuerda con lo reportado por Wade et al. (2001) donde una mayor altura de pastura es determinante de una mayor masa por bocado debido a un aumento en la accesibilidad del alimento, por ende, pastoreo a baja altura como por ejemplo 3 cm determinaría una menor masa de bocado y una menor profundidad de bocado, por lo tanto menor consumo y menor producción animal. Sin embargo, también ha sido reportado que los animales incrementan el tiempo de pastoreo cuando disminuye la altura de forraje de forma de compensar el menor volumen por bocado, aunque aumentan los costos de cosecha. Aunque claro está que bajo pastoreo a 3 cm no existe mecanismo de compensación alguno ya que los animales pierden peso, esto coincide con lo reportado por Soca et al. (2001) quienes encontraron que con niveles críticos de altura y/o requerimientos muy elevados, no existen adaptaciones posibles, el animal tiende a detener el pastoreo al detectar una relación desfavorable entre costo de cosecha y consumo de energía, por lo tanto el animal pierde peso.

#### **4.2.2. Producción de carne por unidad de superficie**

Hubo un marcado efecto tratamiento en lo que respecta a producción por unidad de superficie. Los tratamientos se diferenciaron significativamente ( $p < 0,05$ ) entre ellos, siendo T9 quien presentó la mayor producción de carne por ha ( $305 \text{ Kg. ha}^{-1}$ ). T6 tuvo una producción 33% inferior a T9, mientras que la producción de T3 fue 82% menor. La figura No. 13 muestra para cada tratamiento, la carga animal soportada durante el período experimental y la producción de carne por hectárea.

Figura No. 13: Carga (animales. ha<sup>-1</sup>) y producción de carne por hectárea (Kg. PV. ha<sup>-1</sup>), según tratamiento, durante el período experimental (56 días para T6 y T9 y 63 días para T3).



Diferente letra en las barras indican diferencias significativas por Tukey (p<0,05).

La producción de carne por unidad de superficie está directamente relacionada con la producción animal individual (ganancia diaria) y con la carga animal. Cuando la intensidad de pastoreo se ve incrementada, para este caso, cuando disminuye la altura de pastoreo desde 9 a 3 cm, la carga animal se incrementa. La carga animal ha sido una variable ampliamente estudiada en investigación, a través del efecto que tiene sobre la productividad animal, tanto por animal como por unidad de superficie. Claro está que cuando la carga es incrementada, la ganancia por animal disminuye pero la ganancia por unidad de superficie incrementa hasta un máximo. Luego de esto la ganancia por animal continúa disminuyendo pero la ganancia por unidad de superficie también cae (Mott 1960, Riewe 1961).

Disminuciones en la carga animal, llevaron a incrementos en la ganancia diaria animal (GD) y además incrementó también la producción de carne por unidad de superficie. La disminución en la ganancia diaria animal por incrementar la carga fue mas que la ganancia obtenida por incrementar el numero de animales por unidad de superficie, no existiendo ventajas en producción por hectárea al incrementar la carga, tampoco se observó un efecto compensatorio GD vs. carga. Esto sugiere que estamos en el rango de carga

animal donde incrementos en la carga afectan negativamente tanto la ganancia diaria de los animales como la producción por unidad de superficie.

La baja producción por hectárea registrada en T3 está explicada por la pérdida de peso que registraron los animales bajo dicho tratamiento. Esto sugiere que pastoreo continuo a 3 cm de altura de la pastura no es sostenible en el tiempo ya que no permite mantener los animales y que 10,7 animales. ha<sup>-1</sup> esta por encima de la capacidad de carga de *Festuca arundinácea*, ya que según Cowlshaw (1969) la capacidad de carga que soporta una pastura es el número de animales de un tipo específico que puede subsistir en una unidad de área y producir a una tasa requerida por un período específico.

## **5. CONCLUSIONES**

La altura de la pastura tuvo efecto sobre la disponibilidad de forraje, registrándose una relación lineal entre ambas variables, incrementos en la altura de pastoreo desde 3 a 9 cm. llevaron a incrementos en la disponibilidad de forraje desde 1740 a 3220 Kg. MS. ha<sup>-1</sup>.

La altura de la pastura no tuvo un efecto claro sobre la tasa de crecimiento de forraje, existiendo una tendencia a incrementar ésta con incrementos en la altura de pastoreo de 3 a 9 cm. Sin embargo al calcular la producción de forraje total durante el período las diferencias se incrementan, siendo la producción bajo pastoreo a 3 cm. de altura inferior a la de los tratamientos de 6 y 9 cm. de altura (850 y 1000 Kg. MS. ha<sup>-1</sup> menos respectivamente). Esta mayor producción en tratamientos manejados a más alta altura puede ser de gran impacto dentro de un sistema.

No existió efecto del tratamiento de altura de pastoreo sobre la composición botánica, debido principalmente a la duración del experimento. La composición química únicamente se vio afectada significativamente en su componente cenizas, que fue superior en el tratamiento de 3 cm. principalmente debido a la mayor contaminación de las muestras con tierra.

Los tratamientos de altura de pastoreo afectaron la evolución del peso vivo de las vaquillonas y el peso vivo final. En pasturas manejadas a 9 cm. los animales tuvieron incrementos de peso durante todo el período y alcanzaron los mayores pesos al final del experimento, por el contrario en pasturas manejadas a 3 cm. de altura los animales en promedio para todo el período pierden peso. Manejos del pastoreo a 6 cm. de altura tienen un comportamiento intermedio con una primera fase de ganancia de peso con incrementos decrecientes, y una segunda fase mas corta de pérdida de peso.

La producción de carne por unidad de superficie, se vio marcadamente afectada por el tratamiento de altura de pastoreo. Pasturas manejadas a 9 cm. tuvieron una producción de carne mayor (410, 2 Kg. PV. ha<sup>-1</sup>) mientras que manejos del pastoreo a 3 cm. de altura solo produjeron 28 Kg. PV. ha<sup>-1</sup>. La producción de carne para el tratamiento de 6 cm. de altura de pastoreo fue intermedia siendo un 62% de lo producido bajo pastoreo a 9 cm.

## **6. RESUMEN**

Con el objetivo de evaluar variaciones en los atributos de la pastura y producción de vaquillonas Holando de sobreaño sobre una pastura mezcla con predominancia de *Festuca arundinacea* en primavera, se aplicaron tres tratamientos de altura bajo pastoreo continuo (3; 6 y 9 cm). En la pastura se determinó la altura, disponibilidad de forraje, tasa de crecimiento, composición botánica y composición química; en el animal se midió el peso vivo. Las variables fueron analizadas estadísticamente con los procedimientos Mixed y GLM del programa SAS. Los tratamientos de altura afectaron la disponibilidad de forraje siendo 1740; 2423 y 3221 Kg. MS. ha<sup>-1</sup>, para 3, 6 y 9 cm de altura respectivamente. El efecto día de medición fue significativo ( $p < 0,005$ ) para el porcentaje de restos secos y para los componentes del análisis químico. Existió efecto de los tratamientos sobre la producción animal, tanto para evolución del peso vivo como para la producción de carne por hectárea, siendo tanto la evolución de peso vivo como la producción de carne por hectárea superior en tratamientos de 9 cm de altura de pastoreo.

Palabras clave: *Festuca arundinacea*; Intensidad de pastoreo; Vaquillonas Holando.

## **7. SUMMARY**

With the aim of evaluating variations in pasture attributes and production of Holstein heifers on a mixed pasture with dominance of fescue (*Festuca arundinacea*) in spring, three treatments of height were applied under continuous grazing (3; 6 and 9 cm). In the pasture the height, forage mass, growth rate, botanical composition and chemical composition were determined; in the animals the live weight was measured. The variables were analyzed statistically with the Mixed and GLM procedures of the SAS program. Height treatments affected forage mass, being 1740; 2423 and 3221 Kg .MS. ha<sup>-1</sup>, for 3, 6 and 9 cm of height respectively. The day of measurement effect was significant ( $p < 0,005$ ) for the percentage of dry remains and for the components of the chemical analysis. Animal production was affected by the treatments: there was effect on the evolution of live weight as well as on the meat production per hectare. Both were higher in treatment of 9 cm of height sward.

Keywords: *Festuca arundinacea*; Grazing intensity; Holstein heifers

## **8. BIBLIOGRAFÍA**

1. ALMADA, S.; PALACIOS, M.; VILLALBA, S.; ZIPITRÍA, G. 2007. Efecto de la asignación de forraje y el suplemento energético sobre la performance de novillos Holando sobre una pastura de raigrass perenne, trébol blanco y lotus corniculatus. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 109 p.
2. BARTHAM, G.T. 1986. Experimental techniques; the HFRO sward stick. In: Hill Farming Research Organisation. Biennial Report 1984-85. Penicuik, UK. pp. 29-30.
3. BERRUTTI, I. 1994. Presión de pastoreo y performance de animales en crecimiento bajo pastoreo de un campo natural mejorado. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 108 p.
4. BIRCHAM, J.S.; HODGSON, J. 1983. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. Grass and Forage Science. no. 38: 323-331.
5. BRANSBY, D.I.; CONRAD, B.E.; DICKS, H.M.; DRANE, J.W. 1988. Justification for grazing intensity experiments; analysis and interpreting grazing data. Journal of Range Management. 41: 274-279.
6. BRYAN, B. W.; PRIGGE, E.C.; LASAT, M.; PASHA, T.; FLAHERTY, D.J.; LOZIER, J. 2000. Productivity of kentucky bluegrass pasture grazed at three heights and two intensities. Agronomy Journal. 92: 30-35.
7. BURNS, J.C.; CHAMBLEE, D.S.; GIESBRECHT, F.G. 2002a. Defoliation intensity effects on season-long dry matter distribution and nutritive value of tall fescue. Crop Science. 42: 1274-1284.

8. \_\_\_\_\_.; SOLLEMBERGER, L.E. 2002b. Grazing behavior of ruminants and daily performance from warm-season grasses. *Crop Science*. 42: 873-881.
9. CID, M.S.; BRIZUELA, M.A. 1998. Heterogeneity in tall fescue pastures created and sustained by cattle grazing. *Journal of Range Management*. 51(6): 644-649.
10. COLEMAN, S.W.; FORBES, T.D.A. 1998. Herbage characteristics and performance of steers grazing old world bluestem. *Journal of Range Management*. 51(4): 399-407.
11. COWLISHAW, S.J. 1969. The carrying capacity of pastures. *Journal in the British Grassland Society*. 24: 207- 214.
12. CRUZ, P.; BOVAL, M. 1999. Effect of nitrogen on some morphogenetical traits of temperate and tropical perennial forage grasses. In: Simpósio Internacional Grassland Ecophysiology and Ecology (1999, Curitiba, PR). Anais. Curitiba, UFPR. pp.134-150.
13. CHILIBROSTE, P.; IBARRA, D.; ZIBIL S.; LABORDE, D. 2003. Proyecto alimentación reproducción; informe final 2002. Uruguay. CONAPROLE. 28 p.
14. EASTON, H.S.; LEE, C.K.; FITZGERALD, R.D. 1994. Tall fescue in Australia and New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 37: 405-417.
15. ERNST, O. 2004. Uso del suelo en los tambos. Proyecto Interacción Alimentación-Reproducción; informe final. Montevideo, Uruguay. CONAPROLE. s.p.

16. FORBES, T.D.A. 1988. Researching the plant-animal interface. the investigation of ingestive behaviour in grazing animals. *Journal of Animal Science*. 66: 2369-2379.
17. GARCIA, G. 2006. Efecto de la carga animal y época del año sobre la conducta y performance de vacunos en pastoreo de *Festuca arundinacea*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 80 p.
18. GARDNER, F.P.; PEARCE, R.B.; MITCHELL, R.L. 1985. Carbon fixation by crop canopies. In: Gardner, F.P.; Pearce, R.B.; Mitchell, R.L. eds. *Physiology of crop plants*. Ames. Yowa State University. pp. 31-57.
19. GUNTER, S.A; BECK,P.A; HUTCHISON, S; PHILLIPS, J.M. 2005. Effects of stocking and nitrogen fertilization rates on steers grazing dallisgrass-dominated pasture. *Journal of Animal Science*. 83: 2235-2242.
20. HAYDOCK, K.P.; SHAW, N.H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 15: 663-670.
21. KRISTENSEN, E.S. 1988. Influence of defoliation regime on herbage production and characteristics of intake by dairy cows as affected by grazing intensity. *Grass and Forage Science*. no. 43: 239-251.
22. LAMBOURNE, L.J. 1956. A comparison between rotational grazing and set-stocking for fat lamb production. *New Zealand Journal Science and Technology*. 37: 555-568.
23. LEEP, R.; JERANYAMA, P.; MIN, D-H.; DIETZ, T.; BUGHRARA, S.; ISLEIB, J. 2002. Forage management. *Agronomy Journal*. 94: 1257-1262.

24. LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M. 1999. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: Simpósio Internacional Grassland Ecophysiology and Ecology (1999, Curitiba, PR). Anais. Curitiba, UFPR. pp 265-287.
25. MCGILLOWAY, D.A.; CUSHNAHAN, A.; LAIDLAW, A.S.; MAYNE, C.S.; KILPATRICK, D.J. 1999. The relationship between level of swards height reduction in a rotationally grazed swards and short-term intake rates of dairy cows. *Grass and Forage Science*. no. 54: 116-126.
26. MANNETJE, L.; HAYDOCK, K.P. 1963. The dry-weight-rank method for the botanical analysis of pasture. *Journal of the British Grassland Society*. 18: 268-275.
27. MARTZ, F.A.; GERRISH, R.; BELYEA, R.; TATE, V. 1999. Nutrient content, dry matter yield, and species composition of cool-season pasture with management-intensive grazing. *Agriculture Experiment Station Journal Series*. no. 12: 1538-1544.
28. MATTHEW, C.; ASSUERO, S.G.; BLAK, C.K.; SACKVILLE HAMILTON, N.R. 1999. Tiller dynamics of grazed swards. In: Simpósio Internacional Grassland Ecophysiology and Ecology (1999, Curitiba, PR). Anais. Curitiba, UFPR. pp 127-150.
29. MORAES, A.; MOOJEN, E.L.; MARASCHIN, G.E. 1990. Comparação de métodos de estimativas de taxas de crescimento em uma pastagem submetida a diferentes pressões de pastejo. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (27<sup>a.</sup>, 1990, Piracicaba). Anais. Piracicaba, FEALQ. p. 332
30. MOTT, G.O. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: International Grassland Congress (6<sup>o.</sup>, 1960, Reading). Reading, UK. pp. 606-611.

31. PARSONS, A.J.; CARRÈRE, P.; SCHWINNING, S. 1999. Dynamics of heterogeneity in a grazed swards. In: Simpósio Internacional Grassland Ecophysiology and Ecology (1999, Curitiba, PR). Anais. Curitiba, UFPR. pp. 289-315.
32. \_\_\_\_\_; CHAPMAN, D.F. 2000. Grass; its production and utilization. 3th. ed. Devon, UK, Institute of Grassland and Environmental Research. cap. 3, pp. 31-89.
33. RIEWE, M.E. 1961. Use of relationship of stocking rate to gain of cattle in an experimental design for grazing trials. *Agronomy Journal*. 53: 309-313.
34. SOCA, P.M.; GONZALEZ, H.; MANTEROLA, H. 2001. Estrategias de pastoreo de vacas lecheras. *Avances en Producción Animal*. 26: 15-26.
35. UNGAR, E.D. 1996. Ingestive behavior. In: Hodgson J.; Illus A.W. eds. The ecology and management of grazing systems. Wallingford, Oxon. 466 p.
36. VELASCO, M.E.; HERNANDEZ-GARAY, A.; GONZALEZ-HERNANDEZ, V.A.; PÉREZ, P.J.; VAQUERA, H.H.; GALVIS, S.A. 2001. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.). *Tec. Pecu. Mex*. 39: 1-14.
37. VIRKAJÄRVI, P.; SAIRANEN, A.; NOUSIAINEN, J.I.; KHALILI, H. 2001. Effect of herbage allowance on pasture utilization, regrowth and milk yield of dairy cows in early, mid and late season. *Animal Feed Science and Technology*. 97: 23-40.
38. \_\_\_\_\_; 2004. Growth and utilization of Timothy-Meadow fescue pastures. Helsinki, Finland, University of Helsinki. 56 p.

39. WADE, M.H.; PEYRAUD, J.L.; LEMAIRE, G.; COMERON, E.A. 1989. The dynamics of daily area and depth of grazing and herbage intake of cows in a five day paddock system. In: International Grassland Congress (16<sup>a</sup>., 1989, Nice, France). Proceedings. Versailles, France, AFPF. pp. 1111-1112.
  
40. \_\_\_\_\_.; CARVALHO, P.C. DE FACCIO. 2000. Defoliation patterns and herbage intake on pastures. In: Lemaire, G.; Hodgson, J.; Moraes, A.; Nabinger, C.; Carvalho, P.C. De Faccio. eds. Grassland ecophysiology and grazing ecology. s.n.t. 422 p.
  
41. \_\_\_\_\_.; AGNUSDEI, M. 2001. Morfología y estructura de las especies forrajeras y su relación con el consumo. Morfología y estructura de las especies forrajeras. Producción bovina de carne. Río Cuarto, Córdoba, Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Agronomía y Veterinaria. s.p.
  
42. WALES, W.J.; DOYLE, P.T.; STOCKDALE, C.R.; DELLOW, D.W. 1999. Effects of variations in herbage mass, allowance, and level of supplement on nutrient intake and milk production of dairy cows in spring and summer. Australian Journal of Experimental Agriculture. 39:119-130.
  
43. WEN, L.; KALLENBACH, R.L.; WILLIAMS, J.E.; ROBERTS, C.A.; BEUSELINCK, P.R.; MCGRAW, R.L.; BENEDICT, H.R. 2002. Performance of steers grazing rhizomatous and nonrhizomatous birdsfoot trefoil in pure stands and in tall fescue mixtures. Journal of Animal Science. 80: 1970-1976.

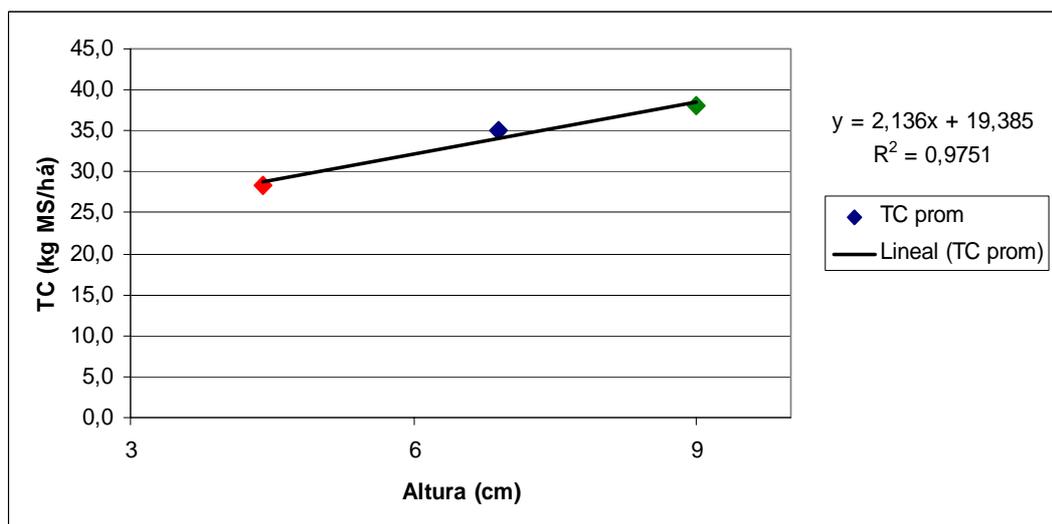
## 9. ANEXOS

ANEXO 1: Altura de la pastura según fecha de determinación y tratamiento.

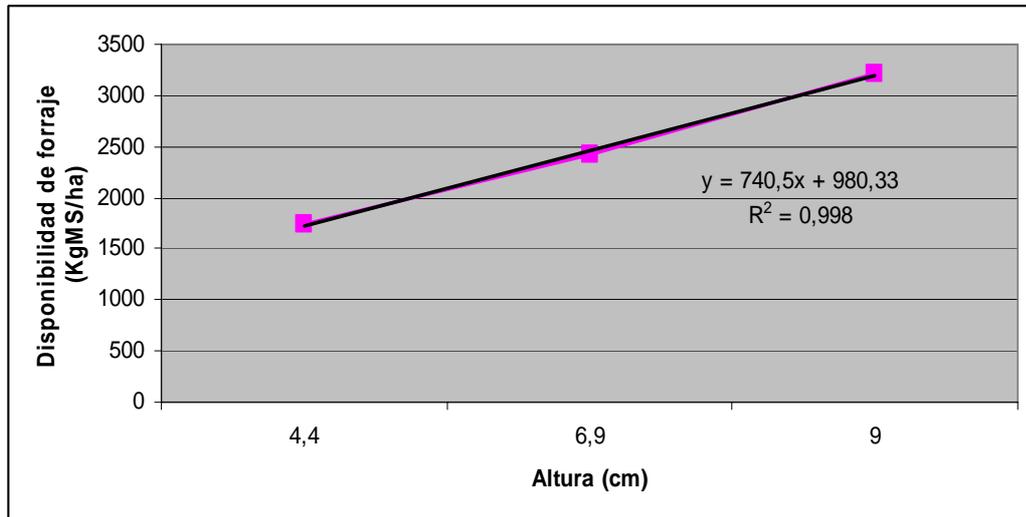
Fecha	T3	T6	T9
10/09/2007	8,4 ± 0,5 a	10,1 ± 0,5 a	9,7 ± 0,5 a
17/09/2007	6,5 ± 0,5 b	9 ± 0,5 ab	10 ± 0,5 a
24/09/2007	5,2 ± 0,5 b	6 ± 0,5 b	10,4 ± 0,5 a
03/10/2007	4 ± 0,5 b	5,7 ± 0,5 b	9 ± 0,5 a
08/10/2007	3,6 ± 0,5 b	5,6 ± 0,5 ab	8,6 ± 0,5 a
15/10/2007	3,1 ± 0,5 b	4,9 ± 0,5 ab	7,3 ± 0,5 a
22/10/2007	3,8 ± 0,5 b	5,2 ± 0,5 ab	7,6 ± 0,5 a
29/10/2007	3 ± 0,5 b	5,2 ± 0,5 ab	7 ± 0,5 a
05/11/2007	3,5 ± 0,5 b	6,1 ± 0,5 ab	8,3 ± 0,5 a
08/11/2007	3,5 ± 0,5 b	6,5 ± 0,5 ab	8,8 ± 0,5 a
12/11/2007	3,7 ± 0,5 b	7,6 ± 0,5 a	9,4 ± 0,5 a
19/11/2007	3,8 ± 0,5 b	8,3 ± 0,5 a	10,6 ± 0,5 a
26/11/2007	4,8 ± 0,5 b	9,1 ± 0,5 a	10,7 ± 0,5 a

Diferente letra en la fila indican diferencia significativa por Tukey ( $p < 0,05$ )

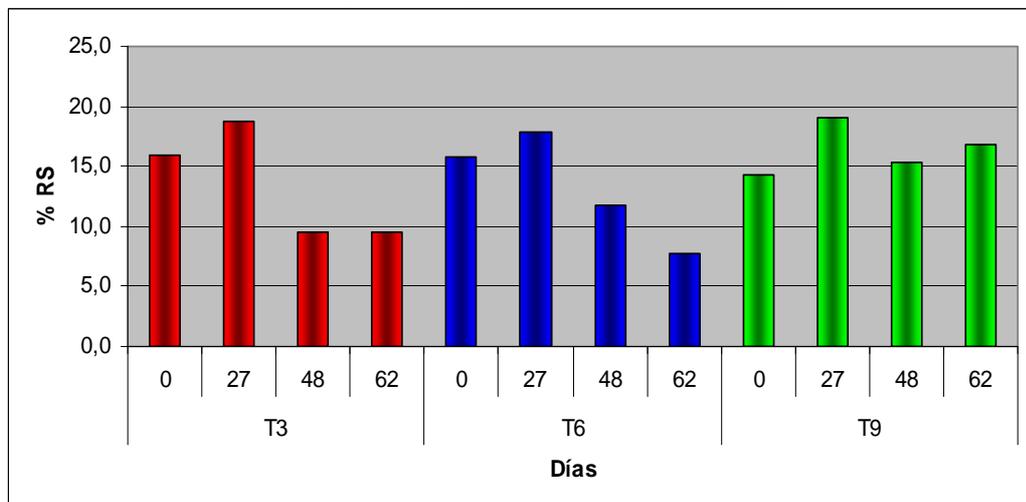
ANEXO 2: Relación entre altura de pastoreo y tasa de crecimiento promedio de ambos bloques para todo el período experimental.



ANEXO 3: Relación entre altura de pastoreo (cm) y disponibilidad de forraje (Kg. MS/ha).



ANEXO 4: Evolución del porcentaje de restos secos según tratamiento.



ANEXO 5: Datos del análisis químico de forraje (muestras de disponible) según bloque, tratamiento y fecha de determinación.

<b>B</b>	<b>T</b>	<b>FECHA</b>	<b>%MS *</b>	<b>%PC</b>	<b>%C</b>	<b>%FDN</b>	<b>%FDA</b>
1	3	19-sep	94,89	11,26	21,67	51,86	23,37
1	3	16-oct	94,97	8,39	39,74	43,43	20,23
1	3	06-nov	93,79	14,95	26,27	44,06	20,41
1	3	20-nov	92,84	15,02	21,09	45,69	20,36
1	6	12-sep	93,5	12,55	13,96	54,54	27,24
1	6	19-sep	93,92	12,65	15,49	57,2	27
1	6	16-oct	94,02	8,93	27,78	49,7	22,97
1	6	06-nov	93,86	16,86	20,21	46,48	20,94
1	6	20-nov	93,19	12,24	18,82	49,21	23,07
1	9	12-sep	93,71	13,46	13,46	52,53	23,94
1	9	19-sep	94,26	12,75	17,78	57	25,61
1	9	16-oct	93,77	10,79	20,59	54,95	26,49
1	9	06-nov	93,41	12,66	17,2	52,59	24,9
1	9	20-nov	92,62	13,04	15	53,17	26,74
2	3	19-sep	93,95	11,07	25,86	53,22	25,65
2	3	16-oct	94,52	9,02	34,75	49,71	24,29
2	3	06-nov	93,8	14,8	26,89	43,81	20,55
2	3	20-nov	92,68	15,07	23,63	44,16	19,37
2	6	12-sep	93,26	12,66	13,63	55,95	26,85
2	6	19-sep	93,87	13,12	16,16	59,02	26,62
2	6	16-oct	94,22	11,05	26,68	52,34	25,45
2	6	06-nov	93,85	10,79	20,19	47,99	21,5
2	6	20-nov	92,51	14,88	15,47	49,13	22,07
2	9	12-sep	93,08	12,91	13,3	58,25	27,16
2	9	19-sep	93,89	14,13	15,74	51,8	26,11
2	9	16-oct	93,67	13,39	25,59	50,84	23,8
2	9	06-nov	93,54	14,63	19,35	51,24	23,37
2	9	20-nov	92,72	12,17	14,33	47,44	23,1

\*corresponde al %MS analítico

ANEXO 6: Porcentaje de materia seca de las muestras de disponibilidad de forraje según bloque, tratamiento y fecha de determinación.

Bloque	Tratamiento	Fecha	%MS*
1	3	19/09/2007	25
1	3	16/10/2007	40
1	3	06/11/2007	34
1	3	20/11/2007	38
1	6	19/09/2007	21
1	6	16/10/2007	29
1	6	06/11/2007	30
1	6	20/11/2007	35
1	9	19/09/2007	18
1	9	16/10/2007	25
1	9	06/11/2007	33
1	9	20/11/2007	36
2	3	19/09/2007	27
2	3	16/10/2007	42
2	3	06/11/2007	38
2	3	20/11/2007	35
2	6	19/09/2007	27
2	6	16/10/2007	36
2	6	06/11/2007	31
2	6	20/11/2007	33
2	9	19/09/2007	25
2	9	16/10/2007	38
2	9	06/11/2007	35
2	9	20/11/2007	41

\*corresponde a la materia seca calculada en mediante es secado a estufa a 60°C por 48 horas en laboratorio.