

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**ESTRUCTURA ESPACIAL Y SELECTIVIDAD DE PARCHES EN
PASTURAS DE FESTUCA ALTA PASTOREADAS A DIFERENTE ALTURA
REMANENTE**

por

Ana Cecilia FABER DÍAZ

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2012**

Tesis aprobada por el tribunal integrado por la Ing. Agr. (PhD) Mónica Agnusdei, el Ing. Agr. (PhD) Pablo Boggiano y el Ing. Agr. (PhD) Walter Ayala el día 29 de Octubre de 2012.

Autor: Ing. Agr. Ana Cecilia Faber Díaz.

Director: Ing. Agr. MSc. Pablo Soca.

Co-Director: Ing. Agr. (PhD) Pablo Chilibroste.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Agronomía por permitir a sus profesionales continuar con la formación cuando así lo desean.

A Pablo Soca por guiarme y formarme durante todo este proceso, por integrarme a su equipo de trabajo y enseñarme que “lo importante es el camino”.

Al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria y en especial a Alejandro La Manna por proporcionarme el tiempo para culminar con mis estudios.

A Pablo Boggiano, Silvia Saldanha, Diego Mattiauda, María de los Ángeles Bruni, Ana Carolina Espasandín, Virginia Beretta y Pablo Chilibroste integrantes de los tribunales del Seminarios I y II, por las valiosas contribuciones y consejos que me brindaron siempre que lo necesite.

A mis compañeros becarios y compañeros de maestría, Juan Pablo Marchelli, Washington Pilón, Ignacio Eliot, Felipe Gutiérrez, Diego Cortazzo, Maite Fajardo, Gonzalo Ferreira, Andrés Baeten, Martín Do Carmo, Martín Claramunt y Carolina Carballo que me acompañaron y brindaron apoyo durante el trabajo de campo y estuvieron siempre con una palabra de aliento cuando más lo necesite.

A mis compañeros Santiago Scarlato y Gianni Motta por el apoyo y los aportes que realizaron tanto en la etapa de campo como en la parte escrita.

A todos los docentes que me apoyaron y acompañaron durante todo el camino.

A “mis mejores tesistas” Juan Pablo Asuaga y Diego Pintado por su apoyo en el trabajo de campo, por su alegría y por todo lo que aprendimos juntos.

A mis compañeros de INIA en especial a Bettina Lado, por aguantarme durante la finalización de este proceso.

A mi familia por estar siempre conmigo, y a mis amigos por su apoyo incondicional, en especial a Laurita por devolverme al camino las veces que me alejé de él.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN.....	VII
SUMMARY.....	VIII
<u>1. INTRODUCCIÓN</u>	<u>1</u>
1.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
<u>1.1.1. Gramíneas perennes en sistemas lecheros.....</u>	<u>5</u>
1.1.2. Producción y uso de forraje.....	7
1.1.2.1. Características morfogénicas de las plantas.....	9
1.1.2.2. Estructura vertical y horizontal de la pastura.....	11
1.1.2.3. Intensidad de pastoreo.....	13
1.1.2.4. Plasticidad fenotípica	16
1.1.2.5. Heterogeneidad espacial en pasturas.....	20
<u>1.1.3. El proceso de pastoreo</u>	<u>23</u>
1.1.3.1. Selección animal en pastoreo	28
<u>2. MATERIALES Y MÉTODOS</u>	<u>32</u>
2.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL.....	32
2.2. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS	32
2.3. SUELOS Y PASTURA	32
2.4. ANIMALES Y MANEJO	32
2.5. CONDICIONES CLIMÁTICAS	33
2.6. DETERMINACIONES.....	35
<u>2.6.1. Altura y cantidad de forraje.....</u>	<u>35</u>
2.6.2. Tasa de crecimiento de forraje	35
<u>2.6.3. Descripción de la estructura horizontal de la pastura.....</u>	<u>35</u>
2.6.4. Estructura vertical de cada tipo de parche de pastoreo	36
<u>2.6.5. Evolución del número de macollos de festuca.....</u>	<u>37</u>

2.6.6. Evolución de la pastura durante el pastoreo.....	37
2.6.7. Actividad de pastoreo y selectividad.....	38
2.6.7.1. Probabilidad de pastoreo	38
2.6.7.2. Selección animal	38
2.7. MODELOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	38
<u>3. RESULTADOS.....</u>	<u>44</u>
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA PASTURA.....	44
3.1.1. Efecto de la estación del año, altura de pastoreo y tipo de parche sobre la estructura horizontal de la pastura.....	44
3.1.1.1. Porcentaje de parches de pastoreo.....	45
3.1.1.2. Porcentaje de especies y suelo descubierto	46
3.1.2. Efecto de la estación del año, altura de pastoreo y tipo de parche sobre la estructura vertical de la pastura.....	47
3.1.2.1. Altura y composición botánica de la pastura	48
3.1.3. Efecto de la estación del año, altura de pastoreo y tipo de parche sobre la estructura vertical de festuca.....	50
3.1.3.1. Número de macollos de festuca	50
3.1.3.2. Largo de vainas y relación lámina/vaina de macollos de festuca	52
3.1.3.3. Tamaño de macollos de festuca	53
3.1.3.4. Relación tamaño/densidad de macollos de festuca	54
3.1.4. Efecto de la estructura horizontal y vertical de la pastura sobre la tasa de crecimiento, altura y forraje disponible	56
3.1.4.1. Tasa de crecimiento de la pastura	56
3.2. UTILIZACIÓN DE LA PASTURA	57
3.2.1. Dinámica de la pastura durante el pastoreo.....	57
3.2.1.1. Evolución del porcentaje de parches durante el pastoreo	57
3.2.1.2. Evolución de la altura, porcentaje de especies y suelo descubierto durante el pastoreo	58
3.2.2. Conducta de vacas lecheras en pastoreo	60
3.2.2.1. Probabilidad de pastoreo	60
3.2.2.2. Índice de selección por tipo de parches.....	61

<u>4. DISCUSIÓN</u>	<u>63</u>
4.1. EFECTO DE LA ALTURA DE PASTOREO Y ESTACIÓN DEL AÑO SOBRE LA PROPORCIÓN Y ESTRUCTURA DE PARCHES DE PASTOREO	63
4.2. EFECTO DE LA ALTURA DE PASTOREO SOBRE LA PLASTICIDAD FENOTÍPICA DE FESTUCA	67
4.3. EFECTO DE LA ALTURA DE PASTOREO, ESTACIÓN DEL AÑO Y ESTRUCTURA DE PARCHES DE PASTOREO SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA PASTURA	68
4.4. EFECTO DE LA ALTURA DE PASTOREO Y LA PROPORCIÓN Y ESTRUCTURA DE PARCHES DE PASTOREO SOBRE LA CONDUCTA DE VACAS LECHERAS	70
4.5. CONSIDERACIONES FINALES	73
<u>5. CONCLUSIONES</u>	<u>75</u>
<u>6. BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>76</u>
<u>7. ANEXOS</u>	<u>87</u>

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue describir la heterogeneidad y estructura de parches de pastoreo altos y bajos, y la selectividad de vacas lecheras bajo tres alturas de pastoreo en pasturas de festuca (*Schedonorus phoenix*) y trébol blanco (*Trifolium repens*). El experimento se realizó en la EEMAC – Uruguay (32 ° 22' S - 58 ° 03' W) durante otoño (20 Abril - 22 Mayo) y primavera (11 Setiembre – 21 Octubre) de 2010. El diseño experimental fue de bloques completos al azar (2 Bloques) con tres tratamientos de altura remanente de pastoreo (AP): 6 (T6), 9 (T9) y 12 (T12) puntos de plato, con similar altura de ingreso al pastoreo, 19 ± 3 puntos de plato. Se utilizaron 12 y 13 vacas Holando en primer tercio de lactancia con un peso vivo promedio de $632 \pm 91,4$ kg y condición corporal de $3 \pm 0,4$ (escala 1=flaca, 5=gorda) por tratamiento en otoño y primavera respectivamente, bajo pastoreo rotativo entre bloques. Se determinó la altura, cantidad de forraje, tasa de crecimiento, porcentaje de parches altos (PA: ligeramente pastoreados) y bajos (PB: severamente pastoreados), composición botánica, número y tamaño de macollos de festuca, largo de vainas, relación verde/seco, probabilidad de pastoreo e índice de selección por parches. Incrementos en la AP determinaron una mayor proporción de PA (T6= 30 ± 2 ; T9= 37 ± 2 y T12= 44 ± 2 %) y menor proporción de parches bajos en la pastura (T6= 70 ± 2 ; T9= 63 ± 2 y T12= 56 ± 1 %). La estructura vertical y la composición botánica dependieron fuertemente del tipo de parche de pastoreo y de la estación del año, más que de la AP *per se*. PA presentaron mayor altura (PA= 23 ± 1 ; PB= 10 ± 1 cm), número de macollos (PA= 6395 ± 454 ; PB= 4500 ± 454 macollos/m²), peso/macollo (PA= 138 ± 9 ; PB= 64 ± 9 miligramos.macollo⁻¹), largo de vainas (PA= $8,4 \pm 0,6$; PB= $5,1 \pm 0,6$ cm), porcentaje de festuca (PA= 47 ± 4 ; PB= 35 ± 4 %) y menor porcentaje de trébol blanco (PA= 16 ± 4 ; PB= 32 ± 4 %) y suelo descubierto (PA= 1 ± 3 ; PB= 6 ± 3 %) que PB. Vacas lecheras seleccionaron a favor de PA en todas las AP, esto sugiere que estarían maximizando la tasa de consumo mediante la selección de aquellas estructuras con mayor altura, número y peso de macollos y mayor cantidad de láminas.

Palabras clave: altura pastoreo, densidad macollos, tamaño macollos, selectividad

SUMMARY

Structure of grazing patches and animal selection in tall fescue pasture at different grazing height

The aim of this paper was to describe the heterogeneity of tall and short grazing patches, and sward structure of patches under different grazing heights remnants and their relationship with the selectivity of dairy cows in mixture pasture of tall fescue (*Schedonorus phoenix*) and white clover (*Trifolium repens*). The experiment was performed in the EEMAC - Uruguay (32 ° 22 'S - 58 ° 03' W) during autumn (April 20-May 22) and spring (11 September - 21 October) 2010. Experimental design was randomized complete blocks (2 blocks) with three treatments remaining grazing height (GH): 6 (T6), 9 (T9) and 12 (T12) plate points, with similar level of income for grazing, 19 ± 3 plate points. There were 12 and 13 Holstein cows in early lactation with an average live weight of 632 ± 91.4 kg and body condition of 3 ± 0.4 (scale 1 = thin, 5 = fat) per treatment in autumn and spring respectively, under rotational grazing between blocks. We determined sward height, forage mass, growth rate, percentage of tall patches (TP: lightly grazed) and short patches (SP: severely grazed), botanical composition, number and size of tall fescue tillers, pseudo-stem height, ratio green/dry, probability of grazing and selection index of patches. Increases in GH resulted in greater proportion of TP (T6= 33 ± 2; T9= 37 ± 2 y T12= 44 ± 2 %) and smaller proportion of SP (T6= 70 ± 2; T9= 63 ± 2 y T12= 56 ± 1 %). Vertical structure and botanical composition strongly depended of patch type and season, rather than the GH *per se*. TP had higher height (TP= 23 ± 1; SP= 10 ± 1 cm), number of tillers (TP= 6395 ± 454; SP= 4500 ± 454 tiller/m²), weight/tiller (TP= 138 ± 9; SP= 64 ± 9 milligrams/tiller), pseudo-stem height (TP= 8,4 ± 0,6; SP= 5,1 ± 0,6 cm), percentage of fescue (TP= 47 ± 4; SP= 35 ± 4 %) and lower percentage of white clover (TP= 16 ± 4; SP= 32 ± 4 %) and bare ground percentage (TP= 1 ± 3; SP= 6 ± 3 %) that SP. Dairy cows selected tall patches on all GH, maximized the consumption rate, by selecting those structures with greater height, weight and number of tillers and greater long of sheets.

Key words: grazing height, tiller size, tiller density, selectivity

ABREVIATURAS

AF- Asignación de Forraje

AP- Altura de Pastoreo

C- Carbono

IAF- Índice de Área Foliar

IP- Intensidad de Pastoreo

IS- Índice de Selección

LVH- Largo de Vida de Hoja

MS- Materia Seca

N- Nitrógeno

PA- Parches Altos

PB- Parches Bajos

RPM- Rising Plate Meter®

TAH- Tasa de Aparición de Hojas

TEH- Tasa de Elongación de Hojas

TSH- Tasa de Senescencia de Hojas

T6- Tratamiento de altura remanente de pastoreo 6 puntos de plato

T9- Tratamiento de altura remanente de pastoreo 9 puntos de plato

T12- Tratamiento de altura remanente de pastoreo 12 puntos de plato

1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay, los sistemas de producción lecheros emplean pasturas sembradas como principal recurso forrajero. El área sembrada de especies perennes es reducida y no ha manifestado cambios importantes en los últimos años, siendo uno de los principales problemas en su adopción la persistencia productiva (Formoso, 2010). El incremento de la variabilidad climática por su parte, aumenta la importancia del estudio de especies perennes que se adapten a nuestros sistemas de producción.

Festuca se destaca por los elevados valores de producción de carne y leche bajo pastoreo (Soca *et al.*, 2009; Mattiauda *et al.*, 2009), y se ha convertido en la gramínea perenne invernal más utilizada en el Uruguay (Formoso, 2010). Su incorporación en las rotaciones forrajeras podría contribuir a aliviar las limitaciones de la producción animal en épocas claves como el otoño-invierno (Schiller y Lazenby, 1975) y la mejora en la persistencia productiva podría reducir los costos por unidad de producto.

Desde el punto de vista de los sistemas de producción lecheros, los de base pastoril permiten producir a menores costos que los sistemas estabulados. Aumentar la productividad implica básicamente convertir más alimento en leche a través de: a) aumentar la producción y utilización de forraje en el tambo, b) mejorar la eficiencia de uso del alimento comprado (principalmente alimentos concentrados o granos). Si se asume que el costo de producción de forraje y alimento propio es siempre en promedio potencialmente menor al del suplemento adquirido comercialmente, es importante lograr mayores producciones y utilidades de forraje (García y Fariña, 2010).

El crecimiento neto de una pastura está dado por el balance entre la cantidad de carbono (C) fijado por fotosíntesis y perdido por los procesos de respiración y senescencia de los tejidos (Parsons y Chapman, 2000). Si este crecimiento neto no es aprovechado (cosechado por pastoreo o máquina) en el momento óptimo, inevitablemente la pérdida de C aumentará y consecuentemente el balance disminuirá. Para lograr aumentos reales en la utilización del forraje debemos lograr

aumentos en el crecimiento neto a través de un adecuado manejo que permita maximizar la cantidad de C asimilado como biomasa y minimizar las pérdidas por respiración y senescencia. En la práctica esto significa que para maximizar la producción de forraje, se deben mantener las pasturas dentro del rango óptimo de biomasa (García y Fariña, 2010).

El sobrepastoreo, práctica común en el manejo diario de los tambos tiene un impacto negativo muy alto en la cantidad total de forraje producido (García y Fariña, 2010) y generalmente ha sido consecuencia del incremento en la carga animal con el fin de aumentar la productividad animal por unidad de superficie de los sistemas. Este aumento de carga puede afectar no solo la producción y uso del forraje, sino también la persistencia de las plantas, cuando la defoliación excesiva compromete el balance de C (King *et al.*, 1997), o la disponibilidad de reservas N para promover la división celular y el crecimiento de órganos aéreos (Kavanová *et al.*, 2008; Lattanzi *et al.*, 2005) y subterráneos (Volenc *et al.*, 1996).

En sistemas pastoriles, el consumo de materia seca es el principal determinante de la producción de leche (McGilloway *et al.*, 1999), y es principalmente controlado por la asignación de forraje (AF) o intensidad de pastoreo (IP). Estas variables de manejo son una medida más precisa que la carga animal ya que relacionan la cantidad de forraje disponible con el número de animales o peso vivo animal (Virkejärvi *et al.*, 2001). Se ha encontrado que disminuciones en la AF o incrementos en la IP disminuyen la producción de leche y también reducen la altura residual pospastoreo (Lee *et al.*, 2008), existiendo una relación inversa entre IP y altura de pastoreo. Por lo tanto, la altura de la pastura puede ser utilizado como indicador de la IP debido a su facilidad de determinación (Kristensen, 1988).

Modificaciones de la IP se asocian con cambios tanto en la estructura vertical como horizontal de la pastura (Laca y Lemaire, 2000). La estructura vertical es importante en escalas menores de interacción planta-animal, y la estructura horizontal es importante en todas las escalas, que van desde la distribución de las

especies individuales hasta la definición de ecosistema pastoril (Carvalho *et al.*, 2008). Gordon y Benvenuti (2006) describen los principales componentes asociados con la estructura del forraje. En la dimensión vertical está la altura del pasto y la distribución de los componentes, tales como láminas, tallos y material muerto, o especies en los diferentes estratos de la pastura, con variaciones en la densidad y composición de los estratos. En la dimensión horizontal hay variaciones en la densidad de los macollos, en la composición de la comunidad de especies, en la altura y en la masa de forraje (Cid *et al.*, 2008; Lemaire y Agnusdei, 2000; Parsons y Chapman, 2000; Laca y Lemaire, 2000).

Cuando el pastoreo ocurre a una alta IP o a una baja altura, tanto la cantidad de forraje como la fracción de hoja se reducen en el horizonte de pastoreo. Por otra parte, cuando la altura se reduce con el pastoreo, la densidad de la pastura tiende a incrementar como mecanismo de adaptación de las plantas al pastoreo (McGilloway *et al.*, 1999). Según Matthew *et al.* (2000) pastoreos frecuentes e intensos aumentan la densidad de macollos pero reducen el tamaño de los mismos. Anteriormente, Davies (1988) ya había reportado que existe una relación inversa entre número y tamaño de macollos. Por lo tanto, la plasticidad fenotípica definida como los cambios morfogénéticos expresados por las plantas frente a variaciones en el manejo del pastoreo (Bradshaw, 1965) juega un rol importante en determinar la adaptación de las plantas forrajeras al pastoreo. En consecuencia, las pasturas pueden ser consideradas como sistemas altamente regulados, donde cualquier cambio en la estructura determina una respuesta morfogénica, la cual, modifica la estructura en sí (Lemaire y Agnusdei, 2000).

La heterogeneidad estructural de las pasturas es el resultado de las decisiones tomadas por los animales en pastoreo acerca de cuándo y donde realizan el bocado (Dumont *et al.*, 2007). No obstante, variaciones en la estructura son también determinantes de la selección animal. El modelo de pastoreo animal determina la generación de áreas que difieren en calidad y cantidad de forraje, denominados *parches de pastoreo*, que difieren además en estructura y tasa de crecimiento (Laca, 2009), afectan el peso y tasa de bocado, la selectividad, utilización del forraje y la

respuesta animal (Cid y Brizuela, 1998). La dinámica de defoliación a través de los días de pastoreo, por su parte, juega un rol importante en controlar el consumo de forraje; cuando la pastura es pastoreada progresivamente, la altura de la pastura es el principal determinante del consumo, pero cuando la reducción en la altura es alta, como puede ocurrir en parches bajos, la densidad del tapiz también influye fuertemente en el consumo por bocado (McGilloway *et al.*, 1999).

Un desfase entre el crecimiento de forraje y la utilización de los diferentes parches crea inestabilidad en la pastura, determinando un incremento en la heterogeneidad y provocando un gran decrecimiento en la eficiencia de uso de la pastura (Parsons *et al.*, 2001). Cambios estacionales en las condiciones de crecimiento son los principales responsables de la gran variación estacional en la cobertura relativa de los parches y en las características del forraje (Wallis De Vries y Daleboudt, 1994; O'Regain y Schwartz, 1995), lo cual junto con la IP, afectan la estructura y heterogeneidad de las pasturas en el corto plazo.

El objetivo general de este trabajo fue describir el efecto de la altura remanente de pastoreo con vacas lecheras en una pastura mezcla de festuca alta (*Schedonorus phoenix*) y trébol blanco (*Trifolium repens*) sobre la evolución de la estructura horizontal y vertical de la pastura, y establecer su asociación con la selectividad del ganado.

Objetivos específicos:

1- Describir y caracterizar la estructura horizontal y vertical de la pastura, mediante la proporción y evolución estacional de: (i) tipos de parches; (ii) altura; (iii) composición botánica y suelo descubierto; (iv) tamaño y densidad de macollos; (v) altura del pseudotallo y (vi) relación lámina/vaina

2- Determinar si festuca presenta plasticidad fenotípica (compensación tamaño-densidad de macollos) bajo las alturas de pastoreo evaluadas

3- Determinar la evolución del porcentaje de cada tipo de parches, altura, porcentaje de especies y suelo descubierto durante los días de pastoreo

4- Describir la conducta de vacas lecheras durante primavera en base a la probabilidad de pastoreo y la selectividad por parches durante las primeras dos horas post-ingreso a la pastura.

1.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1.1. Gramíneas perennes en sistemas lecheros

En Uruguay, la producción de leche en los establecimientos ha aumentado en los últimos años como consecuencia de incrementos en producción por vaca y el número de vacas por establecimiento o carga animal, que han llevado a incrementos en la producción por hectárea. Este incremento ha sido soportado por una dependencia de alimento comprado para suplementar la base forrajera tradicional al igual que ha ocurrido en países como Australia y Nueva Zelanda, lo cual está asociado a pequeñas ganancias en rentabilidad (Chapman *et al.*, 2008a).

Los sistemas de alimentación que incrementan el consumo de forraje producido en el predio y reducen la estacionalidad en la producción de forraje pueden modificar significativamente la rentabilidad de los predios, porque la pastura usualmente puede ser suministrada a un menor costo por kilogramo de materia seca (MS) comparado con la compra de alimentos como ser los concentrados (Chapman *et al.*, 2008a). Pasturas perennes basadas en especies como festuca alta o dactylis (*Dactylis glomerata*) son opciones que podrían crecer en los predios lecheros y mejorar los déficits forrajeros comúnmente encontrados en los tambos durante el invierno y verano, y principalmente en otoño en nuestro país dependiendo de las precipitaciones y la rotación utilizada.

Especies como festuca, tienen yemas activas en verano que otorgan el potencial de prolongar el crecimiento pasado el pico de primavera, llevando a mayores tasas de acumulación de forraje en Noviembre, Diciembre y Enero comparado con otras

alternativas como es el caso de raigrás perenne, incrementando además la acumulación de forraje total anual (Chapman *et al.*, 2008a).

Festuca alta es una gramínea perenne invernal originaria de Eurasia que en la actualidad está ampliamente distribuida fuera de su centro de origen debido a su capacidad de adaptación, principalmente en regiones templadas. Esto es consecuencia de su capacidad de permanencia en suelos empobrecidos y tolerancia al pastoreo animal. No obstante, festuca responde positivamente a incrementos en los niveles de fertilización nitrogenada y resulta una buena opción donde el estrés hídrico del verano limita la persistencia de otras gramíneas (Easton *et al.*, 1994). Pasturas de festuca pueden potencialmente presentar mayor profundidad efectiva de raíces que raigrás perenne, lo cual le permitiría a las plantas acceder al agua más profunda en el perfil del suelo y sostener el crecimiento por más tiempo en el período estival (Chapman *et al.*, 2008b).

Chapman *et al.* (2008b) trabajando con modelos de simulación, reportaron que festuca es una opción para enfrentar los constantes incrementos en la variabilidad climática inter-anual. Los coeficientes de variación estimados por el modelo para el consumo de forraje producido en el predio fueron consistentemente menores para sistemas con pasturas de festuca comparados con raigrás perenne, a partir de lo cual fue posible hipotetizar que esta alternativa permitiría mejorar la estabilidad del consumo de forraje proveniente de la pastura a escala predial frente a variaciones climáticas estacionales.

La persistencia es un importante atributo de las pasturas perennes el cual les permite a ellas suministrar alimento para animales en pastoreo de manera rentable (King *et al.*, 1997). Según Easton *et al.* (1994) la persistencia de festuca es función de la fertilidad del suelo, la tolerancia a la sequía y la intensidad de pastoreo con la cual es pastoreada. El creciente aumento de la carga animal en los sistemas de producción lecheros, ha determinado incrementos en la intensidad y frecuencia de defoliación que tienden a ser cruciales para la persistencia de las plantas, ya que plantas defoliadas tienen menos reservas para sobrevivir a períodos de estrés (King *et*

al., 1997). Las gramíneas son consideradas como el componente resistente a la sequía más estable. Por lo tanto es importante que las gramíneas perennes sean bien manejadas si queremos mantener la pastura (King *et al.*, 1997).

Kemp *et al.* (2001) mostraron que bajo una intensa defoliación en festuca decreció la masa de tallos y raíces por planta, se redujo la tasa de crecimiento por tallo, decreció el número de macollos por planta y la tasa de macollaje lo cual comprometió la productividad y persistencia de la pastura. Trabajos nacionales han reportado resultados similares, donde incrementos en la intensidad de pastoreo (reducciones de la altura remanente de pastoreo entre 12 y 3 cm) han provocado disminuciones en el porcentaje de festuca e incrementos en el área de suelo descubierto, encontrándose además una tendencia a disminuir la producción de forraje a mayores intensidades de pastoreo (Mattiauda *et al.*, 2009). A nivel regional, Cid y Brizuela (1998) reportaron similares resultados, concluyendo que la degradación de pasturas de festuca ocurre como consecuencia de un exceso en el nivel de defoliación (bajo situaciones de alta carga animal).

1.1.2. Producción y uso de forraje

El crecimiento de forraje puede ser considerado como el resultado de: (i) adquisición de recursos como carbono (C) y nitrógeno (N) por las plantas individuales; (ii) uso de esos recursos para el crecimiento; y (iii) senescencia la cual lleva a una acumulación de material muerto como residuo, seguido por el reciclaje de C y N (Laca y Lemaire, 2000).

Si este crecimiento neto no es aprovechado (cosechado por pastoreo o máquina) en el momento óptimo, inevitablemente la pérdida de biomasa de forraje aumentará y, consecuentemente, disminuirá el crecimiento neto de forraje. Para un cierto potencial de crecimiento bruto (cantidad de biomasa acumulada total sin descontar las pérdidas por senescencia), lo realmente importante es cuanto crecimiento neto (cantidad de biomasa acumulada neta, es decir descontando las pérdidas por senescencia) se logra aprovechar (García y Fariña, 2010).

La eficiencia de utilización del forraje en sistemas de pastoreo puede ser definida como la proporción de la producción bruta de tejido que es removida por el animal antes de entrar en estado senescente (Lemaire y Chapman, 1996). Por otra parte, la eficiencia en el uso del forraje en sistemas de pastoreo debería ser analizada no solamente con el objetivo de corto plazo de maximizar la relación entre forraje producido y forraje consumido, sino también debería analizarse en el largo plazo buscando mantener la persistencia del recurso pastura (Lemaire y Agnusdei, 2000).

Si los nutrientes y el agua no son limitantes, la cantidad de pasto producida será función de la temperatura y la radiación solar absorbida. Esta última es función de la cantidad de tejido verde (o biomasa) disponible. En la práctica esto significa que para maximizar la producción de forraje, se deben mantener las pasturas dentro del rango óptimo de biomasa o índice de área foliar (IAF) (García y Fariña, 2010). Parsons y Chapman (2000), reportaron que se lograría un equilibrio entre utilización y producción de forraje si se cosecha cuando la tasa de crecimiento promedio alcanza el máximo. El tiempo de rebrote hasta alcanzar el punto óptimo de cosecha de forraje depende del IAF o altura remanente de pastoreo, el cual también determina la tasa de senescencia y producción neta de forraje (Parsons y Chapman, 2000).

Bircham y Hodgson (1983) reportaron que bajo condiciones de crecimiento no limitantes, la tasa de crecimiento de forraje incrementa de manera asintótica con incrementos en la cantidad de forraje disponible y la tasa de senescencia incrementa de manera lineal con la cantidad de forraje. Por lo tanto, la producción neta de forraje verde (crecimiento-senescencia) incrementa rápidamente hasta un máximo y luego declina lentamente con incrementos en la cantidad de forraje disponible (Bircham y Hodgson, 1983). Mazzanti *et al.* (1994) han reportado incrementos en la tasa de crecimiento y senescencia de forraje con incrementos en la altura de pastoreo en pasturas de festuca alta. Agnusdei *et al.* (2007) en condiciones de nutrientes limitantes, también han reportado incrementos de la tasa de crecimiento y senescencia de forraje con incrementos en la altura de forraje en festuca alta y agropiro (*Thinopyrum ponticum* (Podp.) Barkw. & Dewey), asociado a una correlación positiva entre altura de la pastura y IAF.

La estructura de la pastura es la principal determinante del IAF, y es usualmente definida y medida como la distribución y arreglo de las partes de plantas por encima del suelo dentro de una comunidad (Laca y Lemaire, 2000). La estructura de la pastura es uno de los principales factores determinantes de la productividad primaria y secundaria de los sistemas pastoriles. El crecimiento de forraje y la estructura de la pastura se relacionan fuertemente, ya que ésta última es el resultado de diferencias en el patrón de crecimiento de las plantas individuales, y diferencias en la estructura generada afectan la tasa a la cual los recursos son adquiridos por las plantas y por ende el crecimiento de la pastura como un todo (Laca y Lemaire, 2000). La estructura de la pastura está determinada por las características morfogenéticas de las plantas, pudiendo variar entre especies en base a la plasticidad fenotípica de las mismas.

1.1.2.1. Características morfogenéticas de las plantas

La morfogénesis de plantas puede ser definida como la dinámica de generación y expansión de nuevos órganos de la planta en el espacio (Chapman y Lemaire, 1993). La morfogénesis de plantas se define a nivel de planta individual y puede ser descrita por tres características principales que son: tasa de aparición foliar (TAH; hojas macollo⁻¹ día⁻¹), tasa de elongación foliar (TEH; mm de hoja macollo⁻¹ día⁻¹) y vida media foliar (VMF; grados día). La VMF representa el período durante el cual, luego de una defoliación completa, se acumula tejido de hoja verde en los macollos adultos individuales sin ninguna pérdida por senescencia (Lemaire y Agnusdei, 2000). Estas características están genéticamente determinadas, pero además están influenciadas por variables ambientales principalmente la temperatura, suministro de nutrientes y estatus hídrico del suelo (Lemaire y Chapman, 1996). La combinación de estas tres variables determina las tres principales características estructurales de las pasturas: el tamaño de hoja, la densidad de macollos y el número de hojas verdes por macollo (Lemaire y Agnusdei, 2000) (Figura 1). Estas variables estructurales son las que caracterizan la distribución espacial de la materia seca en el horizonte de pastoreo y es la estructura donde el animal deberá interactuar (Carvalho *et al.*, 2001).

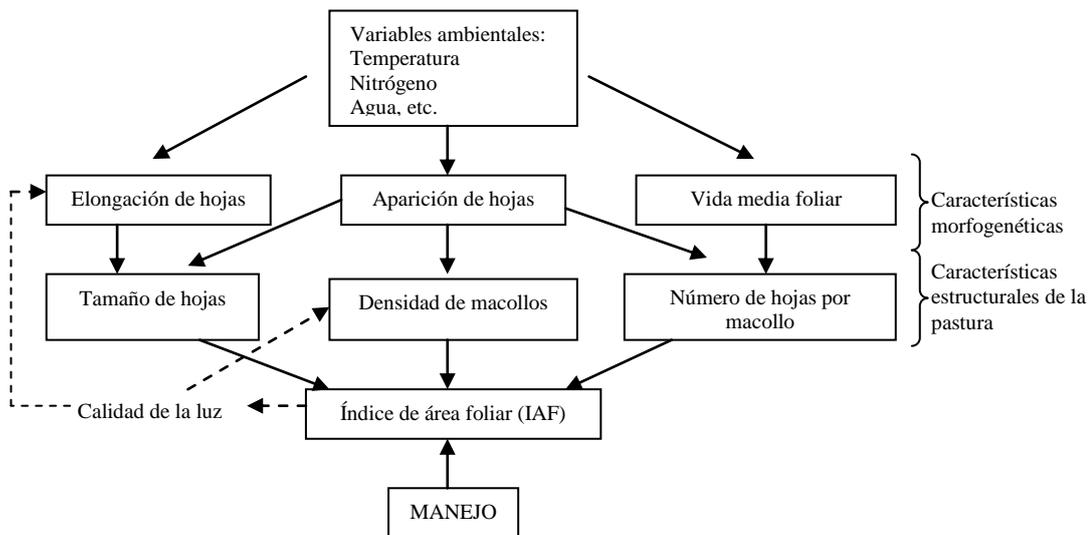


Figura 1. Relación entre variables morfológicas y características de estructura de la pastura (adaptado de Lemaire y Agnusdei, 2000).

VARIABLES DEL AMBIENTE, principalmente la temperatura, nutrición mineral e hídrica afectan las características morfológicas y con ello la estructura de la pastura. La TAH juega un rol central en la morfogénesis y tiene influencia directa en los tres componentes de la estructura de la pastura (Lemaire y Chapman, 1996). Ésta está directamente influenciada por la temperatura y en menor medida por la nutrición N, incrementando linealmente con incrementos de la temperatura (Lemaire y Agnusdei, 2000). La variación interespecifica de la TAH determina fuertemente la estructura de la pastura. Una alta TAH se corresponde con una elevada densidad de macollos pequeños, determinando pasturas cortas y densas, mientras que una baja TAH se corresponde con una baja densidad de macollos grandes (Lemaire y Chapman, 1996). *Festuca arundinacea* es una especie con un elevado VMF (570 grados día) y una baja TAH (217 grados días) (Lemaire y Agnusdei, 2000). Por lo tanto, es esperable que festuca alcance altos rendimientos de forraje por la acumulación de hojas grandes, más que por incrementos en la densidad de macollos como fue expresado por Tavakoli *et al.* (1993).

La TEH está fuertemente influenciada por la nutrición nitrogenada y responde rápidamente a algún cambio de temperatura en función del estado vegetativo o

reproductivo, resultando en un crecimiento potencial mucho mayor a una temperatura dada en pasturas en estado reproductivo durante primavera que para pasturas en estado vegetativo en verano y otoño (Gastal *et al.*, 1992).

La estructura de la pastura puede ser analizada en dos dimensiones: vertical y horizontal (Laca y Lemaire 2000).

1.1.2.2. Estructura vertical y horizontal de la pastura

Gordon y Benvenuti (2006) describen los principales componentes asociados con la estructura de la pastura de la siguiente manera: en la dimensión vertical está la altura del forraje y la distribución de los componentes, tales como láminas, tallos y material muerto, o especies en los diferentes estratos de la pastura, con variaciones en la densidad y composición de especies. En la dimensión horizontal hay variaciones en la densidad de los macollos, en la composición de la comunidad, en la altura y en la masa de forraje.

La estructura *horizontal* está principalmente determinada por la defoliación selectiva de los animales, generando sitios en la pastura que presentan una frecuencia de pastoreo mayor que otros (Stuth, 1991). En sitios con superior preferencia de los animales la vegetación es generalmente baja, compuesta principalmente por láminas, mientras que los sitios de menor preferencia presentan vegetación más alta y elevada presencia de material senescente (Carvalho *et al.*, 2001). La estructura horizontal también es reflejo de diferentes condiciones de recursos tróficos en el plano horizontal, como la fertilidad y disponibilidad hídrica (Laca y Lemaire, 2000; Carvalho *et al.*, 2001). La estructura horizontal afecta la competencia entre plantas, el comportamiento ingestivo y selección de forraje por los animales, por ejemplo afectando el patrón espacial de la composición botánica, cantidad de forraje removido y proporción de plantas muertas por disturbios (Laca y Lemaire, 2000).

La estructura *vertical* está relacionada con la distribución del IAF en el perfil de la pastura (Laca y Lemaire, 2000), y varía a lo largo del tiempo, ya que cambia con el estado vegetativo o reproductivo de las plantas. En cada estado, la materia seca de

las plantas presenta diferentes proporciones de hojas, tallos, inflorescencias y material muerto en el perfil (Carvalho *et al.*, 2001). En la dimensión vertical, se considera la altura y la distribución de los componentes de la pastura (lámina, tallo y pseudotallo) o las especies presentes en los diferentes horizontes y su densidad (Gordon y Benvenuti, 2006). La estructura vertical de la pastura afecta la adquisición y uso de recursos como C y N y la tasa de crecimiento (Laca y Lemaire, 2000), así como también la ingestión y selectividad de los animales (Carvalho *et al.*, 2001).

La estructura vertical de la pastura tiene influencia directa en el consumo de forraje por los animales en pastoreo y con ello en la performance animal. En general existe acuerdo para pasturas templadas, que la masa de bocado y la tasa de consumo aumentan con el incremento de la altura de la pastura (Forbes, 1988). Además, la estructura afecta el consumo a través de variaciones en el valor nutritivo de la pastura o determinando la facilidad con que los animales cosechan el forraje (Virkajärvi *et al.*, 2001). La presencia de tallos o pseudotallos pueden obstaculizar los procesos de formación del bocado, la distribución espacial y la altura de estos órganos son importantes determinantes de la defoliación (Laca y Lemaire, 2000).

La estructura de la pastura tiene influencia en cada nivel jerárquico del proceso de pastoreo, determinando el tipo y la magnitud de los procesos ocurrientes (Carvalho *et al.*, 2008) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Dimensión espacial de las interacciones planta-animal e impacto de la estructura vertical (V) y horizontal (H) de la pastura (Marriot y Carrère citado por Carvalho *et al.*, 2008).

Nivel	Dimensión	Escala	Proceso
Distribución de las plantas individuales	H	cm-m	Competencia intra e inter-específica
Tamaño y arquitectura de la parte aérea	V, H	cm-m	Competencia por luz
Tamaño y arquitectura del sistema radicular	V, H	cm-m	Competencia por agua/nutrientes
Tamaño y distribución de los bocados	V, H	cm-m	Defoliación diferencial por estratos/parches
Patrón de pastoreo	H	m-km	Defoliación diferencial por sitios de pastoreo
Ecosistema pastoril	H	0.1 a 10 km	Defoliación diferencial por potreros y efectos de pisoteo y excreta

Mientras que, la estructura vertical es importante en escalas menores de interacción planta-animal, la estructura horizontal es importante en todas las escalas. A pesar de la importancia de la estructura horizontal, es la estructura vertical la que ha sido más frecuentemente objeto de estudio, por el hecho de que la mayor parte de los ensayos de pastoreo trabajan en escalas menores de resolución (Carvalho *et al.*, 2008).

La estructura de la pastura es uno de los principales factores determinantes de la productividad primaria y secundaria de los sistemas pastoriles. La misma, está relacionada con el crecimiento de forraje, ya que la estructura es el resultado de diferencias en el patrón de crecimiento de las plantas individuales, y diferencias en la estructura generada afectan la tasa a la cual los recursos son adquiridos por las plantas y por ende el crecimiento de la pastura como un todo (Laca y Lemaire, 2000).

1.1.2.3. Intensidad de pastoreo

La intensidad de defoliación de hojas puede ser expresada como la proporción de la longitud inicial de la hoja que es removida al término del período de pastoreo. La intensidad de defoliación depende directamente de la carga animal (Lemaire y Chapman, 1996).

Con similar sistema de pastoreo, por ejemplo ocupación continua, surge inmediatamente el conflicto que existe entre manejar la pastura para maximizar su crecimiento (manteniendo un alto IAF) versus manejar la pastura para maximizar su rendimiento cosechable (alta carga y defoliación frecuente) (Lemaire y Chapman, 1996).

Para optimizar el rendimiento cosechable en sistemas de defoliación intermitentes un análisis teórico muestra que, las pasturas deberían ser cosechadas cuando la fase exponencial de acumulación de biomasa total cesa durante el rebrote, que coincide con la máxima tasa de crecimiento promedio (kg de MS acumulada por día) de la pastura durante todo el período de rebrote, pero no con la máxima tasa de crecimiento instantánea. En general cuanto mayor es el IAF desde el cual comienza el rebrote, el intervalo de tiempo para alcanzar el punto óptimo de cosecha es menor. Cuando el IAF inicial incrementa (por ejemplo, porque la intensidad de defoliación disminuye), la máxima tasa de crecimiento promedio incrementará inicialmente, y luego decrecerá, reflejando la pérdida en potencial de producción debido al efecto del sombreado de altos IAF sobre la capacidad fotosintética de las hojas nuevas (Parsons y Chapman, 2000).

Como fue expresado por Parsons y Chapman (2000), la condición inicial del rebrote (estado residual de la pastura) afecta la tasa de crecimiento de la pastura. El efecto del estado residual (IAF post-pastoreo) sobre el rebrote y sus componentes puede verse en la Figura 2.

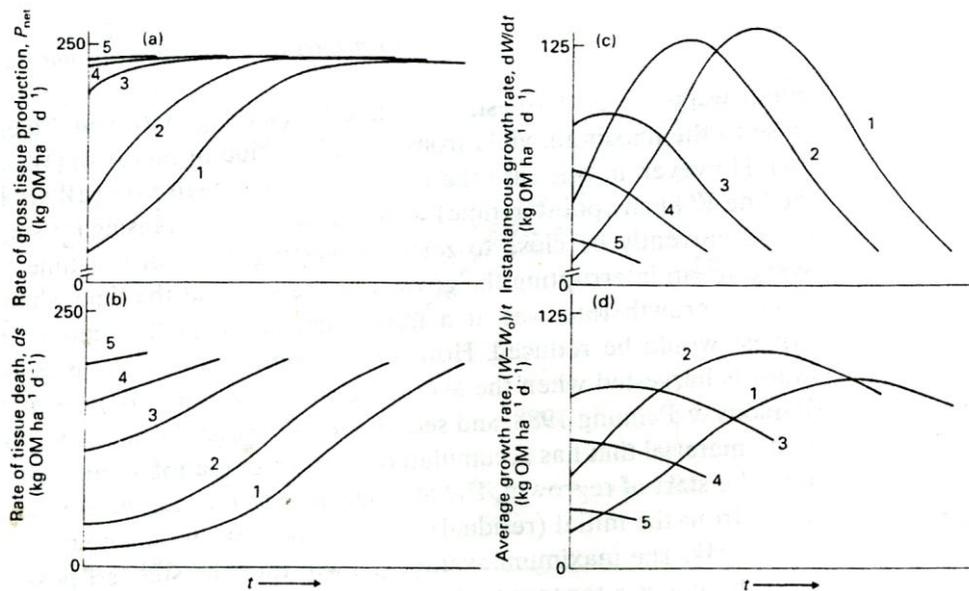


Figura 2. Efectos de la intensidad de defoliación sobre: (a) la tasa de producción bruta de tejido (P_{net}), (b) la tasa de senescencia de tejido (ds), (c) la tasa instantánea de crecimiento (dW/dt) y (d) la tasa de crecimiento promedio ($(W-W_0)/t$). Donde t es el tiempo transcurrido. Los IAFs a los 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.

Después de una defoliación intensa (línea 1, Figura 2(a)) la tasa de fotosíntesis neta de la pastura (producción bruta de forraje) es menor inicialmente, reflejando el bajo IAF inicial, y el tiempo transcurrido hasta alcanzar la máxima tasa de fotosíntesis neta es mayor. Si la defoliación es menos intensa (líneas 2 y 3) la tasa de fotosíntesis neta es mayor inicialmente, reflejando el mayor IAF inicial, y la máxima tasa de fotosíntesis es alcanzada antes. Sin embargo, la intensidad de defoliación también afecta la pérdida de tejido de hoja por muerte (Figura 2(b)). Después de una defoliación intensa la tasa de muerte es inicialmente baja, y hay un retraso del tiempo en el cual la tasa de muerte iguala a la tasa de fotosíntesis neta (producción bruta de tejido). Luego de esto no hay más ganancia neta de biomasa aérea y es alcanzada la producción techo de forraje (Lemaire y Chapman, 1996).

En defoliaciones menos intensas, no solo la tasa de fotosíntesis es inicialmente mayor, sino también la tasa de muerte de tejidos, y la máxima tasa de senescencia es alcanzada antes. Al disminuir la intensidad de defoliación (Figura 2(c y d) - línea 2 comparada con 1, o línea 3 con 2) la máxima tasa de crecimiento promedio se logra antes, luego de una menor duración del rebrote. Por otra parte, cuando la defoliación es poco intensa (líneas 4 y 5) la tasa de crecimiento promedio es en general menor y puede declinar a través del período de rebrote (Parsons y Chapman, 2000).

El efecto del IAF remanente sobre la tasa de crecimiento de forraje también ha sido reportado por Birchman y Hodgson (1983). Estos autores trabajando con diferentes niveles de disponibilidad de forraje, encontraron que la tasa de crecimiento de forraje incrementó de manera asintótica con incrementos en la disponibilidad. No obstante, también existió un incremento de la tasa de senescencia de forraje con incrementos de la disponibilidad o altura de forraje, determinando la producción neta de forraje verde como fue expresado anteriormente.

Por otra parte, Virkajärvi (2004) trabajando con alturas de pastoreo encontró un incremento lineal en la tasa de crecimiento de festuca de 19 % por incrementar la altura de pastoreo entre tres y nueve centímetros, lo cual concuerda con lo descripto teóricamente por Parsons y Chapman (2000). Kemp *et al.* (2001) reportaron que la tasa fotosintética por unidad de hoja incrementó con defoliaciones intensas, mientras que el número de macollos por planta decreció como consecuencia de una menor tasa de aparición de hojas y por consiguiente menor cantidad de sitios potenciales de formación de macollos y menores tasas de macollaje.

1.1.2.4. Plasticidad fenotípica

La plasticidad fenotípica puede ser definida como un progresivo y reversible cambio en los rasgos morfogénéticos de las plantas individuales frente a cambios en la intensidad y frecuencia de defoliación (Lemaire y Agnusdei, 2000). En estos términos, las pasturas pueden ser consideradas como sistemas altamente regulados, donde algún cambio estructural determina la respuesta morfogénética, la cual, de hecho modifica la estructura de la pastura en sí. La respuesta plástica de la pastura

está medida por el cambio entre el tamaño y la densidad de macollos (Lemaire y Chapman, 1996).

La respuesta de las plantas individuales a la intensidad y frecuencia de defoliación involucra grandes procesos a nivel de la interfase planta-animal. En el corto plazo, la respuesta fisiológica está relacionada a la reducción en el suministro de C resultando en una pérdida de área de hoja que puede limitar la producción de tejido foliar; en el largo plazo, la respuesta morfofisiológica permite a las plantas adaptar su arquitectura, para reducir la probabilidad de defoliación y así conferir resistencia al pastoreo (Briske, 1996).

Por lo tanto, la plasticidad de las plantas al régimen de defoliación juega un rol central en regular tanto la producción de nuevo tejido de hoja como la accesibilidad de dichas hojas al pastoreo animal (Lemaire y Agnusdei, 2000). Análisis de largo plazo son necesarios para entender las consecuencias de adaptación morfológica de las plantas individuales dentro de la estructura de la pastura y la composición botánica (Lemaire y Chapman, 1996).

En gramíneas, la plasticidad fenotípica responde a defoliaciones frecuentes e intensas a través de una reducción en el tamaño de los macollos individuales, lo cual puede estar acompañado por un incremento en la densidad de macollos cuando las condiciones ambientales y de desarrollo de la pasturas son favorables. El mantenimiento de una alta tasa de macollaje bajo defoliaciones repetidas puede ser debido a la amortiguación de la variación en la calidad de la luz dentro del canopeo, y más específicamente a la disminución de la relación rojo/rojo lejano (Deregibus *et al.*, 1983).

La densidad y el peso de los macollos individuales determinan la cantidad de forraje disponible. Los tres principales parámetros morfogenéticos (LER, LAR y VMF) determinan los componentes de estructura de la pastura: el tamaño de hoja madura, el máximo número de hojas verdes por macollo y el número potencial de macollos (Lemaire y Agnusdei, 2000).

La densidad de macollos en pasturas bajo pastoreo es una función del equilibrio entre la tasa de aparición de macollos y la tasa de muerte de macollos. Una alta tasa de muerte de macollos se da inicialmente por la muerte de macollos en estado vegetativo, debido a que los macollos reproductivos no translocan asimilados a los macollos sombreados y pequeños en estado vegetativo (Ong *et al.*, citado por L'Huillier, 1987). Sumado a esto, ocurre la muerte de macollos en estado reproductivo por la remoción de los ápices elongados por el pastoreo animal (Lemaire y Chapman, 1996). Sin embargo, la remoción de ápices reproductivos puede promover el macollaje desde las yemas axilares, ya que corta la inhibición del macollaje que provoca la floración a través de mecanismos hormonales y nutricionales (Matthew *et al.*, 2000). Otra causa de muerte de macollos en estado vegetativo (especialmente macollos en desarrollo) es la iniciación del crecimiento radicular, ya que este mejora el desarrollo posterior de hojas en el macollo. Luego de iniciado el crecimiento radicular, si no emerge y crece en el suelo o si el crecimiento de las raíces se ve limitado, se reduce la adquisición de agua y nutrientes y el suministro o balance de hormonas de crecimiento (citoquininas y ácido abscísico). Sin un sistema radicular independiente los macollos no consiguen sobrevivir (Nelson, 2000). En pasturas densas una causa importante de muerte de macollos es la competencia por luz (Lemaire y Chapman, 1996). Davies *et al.* (1983) demostraron que más materia seca es asignada para el crecimiento de los macollos existentes, y menos para el desarrollo de nuevos macollos en plantas sombreadas. Los macollos jóvenes son los primeros en morir como resultado de ser superados y sombreados por los macollos maduros y algunas yemas de macollos abortan en canopeos sombreados.

Factores de manejo y ambientales como el pisoteo animal, sequía, estrés por falta de nutrientes y pastoreos severos contribuyen al deterioro de las pasturas a través del efecto en la muerte de macollos (Edmond, Korte y Chu, Brougham citados por Bahmani *et al.*, 2001).

El equilibrio entre la aparición y muerte de macollos depende en gran medida del régimen de defoliación de la pastura, el cual de hecho determina la evolución del

IAF, principal factor que gobierna tanto la aparición como la muerte de macollos (Lemaire y Chapman, 1996). Un decline en la densidad de macollos en pasturas mantenidas a un alto IAF ha sido observado bajo ocupación continua (Matthew *et al.*, 2000). Las plantas perciben los cambios en calidad de la luz en su microambiente y responden limitando la emergencia de macollos desde las yemas cuando las pasturas son mantenidas bajo un alto IAF.

Scheneiter y Assuero (2010) reportaron que bajo pastoreos menos frecuentes (intervalo de rebrote de 56 días) pasturas de festuca presentaron menor densidad de macollos y mayor masa de forraje que bajo pastoreos más frecuentes (intervalo de rebrote de 28 días). Estos autores concluyeron que es posible incrementar la acumulación de forraje de la pastura extendiendo el período de rebrote a través de los cambios compensatorios que ocurren entre tamaño/densidad de macollos. Sin embargo esta herramienta de manejo puede tener consecuencias negativas en la calidad nutricional del forraje. Por otra parte, es posible promover el macollaje por incrementos de la frecuencia de pastoreo y obtener una productividad similar con alta calidad de forraje.

Cuando las pasturas de festuca alta no son adecuadamente manejadas, particularmente a inicio de primavera, el crecimiento de forraje tiende a ser muy rápido generando una baja densidad aparente por una baja densidad de macollos con una alta proporción de tallos reproductivos. Si bien hay autores que consideran que festuca alta es una especie cuya morfología es poco plástica frente al manejo del pastoreo (Virkejärvi, 2004), se han reportado trabajos que muestran que la especie responde al manejo del pastoreo. Tavakoli *et al.* (1993) reportaron que el efecto de una defoliación intensa fue mayor en el peso de macollos que en el número de macollos y encontraron que la producción de forraje fue menor bajo ocupación continua a una altura de 3-4 cm comparada con una pastura mantenida a una altura de 5-6 cm, debido principalmente al menor peso por macollo que a una disminución en la densidad de los mismos. Mazzanti y Lemaire (1994) mostraron también una alta capacidad de festuca alta para adaptarse a la intensidad de pastoreo a través un efecto positivo del IAF sobre la tasa de elongación foliar por macollo. Sin embargo,

a escala de la pastura dicho efecto fue en alto grado compensado por el efecto positivo del menor IAF sobre la densidad poblacional. Kemp *et al.* (2001) reportaron que la tasa de crecimiento relativa del tallo fue menor bajo una defoliación intensa en festuca cuando se comparó con el tratamiento control (menor intensidad de defoliación). La defoliación intensa redujo el peso y el ancho de las hojas, e incrementó el área específica de hoja, pero no tuvo efecto en la tasa de elongación foliar. La tasa fotosintética por unidad de hoja incrementó con defoliaciones intensas. El número de macollos por planta decreció bajo una defoliación intensa pero no en la defoliación media (Kemp *et al.*, 2001).

Lemaire y Culleton (1989) mostraron que el manejo de la defoliación en otoño junto con un adecuado suministro de N en festuca, podrían incrementar fuertemente la aparición de macollos durante el invierno y el subsecuente crecimiento de la pastura en primavera.

1.1.2.5. Heterogeneidad espacial en pasturas

El concepto de heterogeneidad espacial es la presencia de diferentes valores de un descriptor medido en diferentes lugares a un mismo tiempo (Adler *et al.*, 2001; Laca y Lemaire, 2000). Un parche se define como la unidad de variabilidad comúnmente encontrada dentro de una unidad de paisaje. Los parches pueden variar en estructura, fenología, valor nutritivo o incluso en composición de especies. En una escala pequeña, un parche podría ser una planta individual, mientras que en una escala mayor un parche podría ser una unidad de paisaje. Delinear que constituye un parche es subjetivo y depende del tamaño animal, del tamaño del grupo, de la actividad de pastoreo en consideración y de la percepción del observador (O'Regain y Schwartz, 1995).

Ring *et al.* (1985) definieron a los parches de pastoreo bajos, como aquellas áreas intensamente defoliadas, mientras que los parches de pastoreo altos, fueron definidos como áreas sin pastoreo o ligeramente defoliadas.

Si bien los parches reflejan en gran medida la variabilidad espacial natural dentro de cada ambiente, particularmente la variabilidad en características edáficas, ésta

variabilidad incrementa por varios procesos bióticos, siendo el pastoreo uno de los más importantes (O'Regain y Schwartz, 1995).

La heterogeneidad espacial es escala dependiente. Por ejemplo, si consideramos un potrero compuesto por dos tipos de parches, donde el tipo de parche se distingue por una diferencia en la media de una variable distribuida al azar; si muestreamos la variable solo dentro de un tipo de parche, encontramos que no existe heterogeneidad espacial. Sin embargo, si nos movemos en la escala, incrementando la extensión del muestreo para incluir ambos tipos de parches, podemos encontrar una fuerte heterogeneidad espacial (Adler *et al.*, 2001).

La identificación de la escala a la cual el ecosistema muestra heterogeneidad es esencial para el entendimiento e identificación de los procesos ecológicos subyacentes (Laca y Lemaire, 2000). La escala hace referencia en primer lugar a la dimensión temporal y espacial en la cual el fenómeno es observado. Los procesos y patrones observados en las plantas y animales dependen de la escala. El ganado generalmente pastorea pasturas heterogéneas y responde a múltiples escalas de heterogeneidad de recursos (Laca, 2009). Los ambientes heterogéneos son caracterizados por cambios espaciales y temporales en sus descriptores (Gregorini *et al.*, 2006).

La variabilidad espacial en composición y cantidad de forraje afectan el comportamiento animal y la relación entre la cantidad de forraje promedio por unidad de área y la performance animal. De hecho, el comportamiento en pastoreo y la selectividad pueden generar, mantener, o reducir la heterogeneidad de las pasturas (Laca, 2009).

Incluso en pasturas monoespecíficas se forma un mosaico de parches cortos intensamente pastoreados con baja cantidad de forraje, parches altos sin pastorear o ligeramente pastoreados con alta cantidad de forraje y una zona de transición con altura, utilización y cantidad de forraje intermedia (Hirata, 2002).

Una característica en común que poseen todas las pasturas bajo pastoreo es la gran variabilidad espacial y temporal de los ambientes. Espacialmente, esta

variabilidad se produce en escalas que van desde partes de plantas a escala de región, lo que resulta en un parcheado del forraje en calidad y cantidad en las parcelas. Temporalmente, la variabilidad ocurre en períodos que van desde unos pocos segundos a unos pocos años, dando lugar a variaciones tanto en calidad como en disponibilidad de forraje con el tiempo. La variabilidad temporal y espacial a menudo interactúan creando un mosaico de parches que varían en el tiempo y en el espacio (O'Regain y Schwartz, 1995).

El pastoreo genera un mosaico de parches altos y bajos intercalados que son funcionalmente diferentes. Las plantas pastoreadas tienen una tasa de crecimiento reducida porque presentan una limitación en área foliar, pero ellas pueden eventualmente desarrollar un canopeo de hojas jóvenes que tiene una alta capacidad fotosintética. Las áreas no pastoreadas mantienen alta el área foliar pero también tienen hojas viejas con baja tasa de asimilación potencial. Como el crecimiento se relaciona de forma no lineal con la cantidad de forraje, el crecimiento total de la pastura depende de la específica distribución espacial de las áreas pastoreadas y no pastoreadas (Laca, 2009).

A nivel de potrero, los parches ocurren como resultado del pastoreo selectivo causado por diferencias en el forraje de los micrositios; una vez que los parches han sido formados pueden gobernar el patrón de pastoreo (Carvalho *et al.*, 2001). La proporción relativa de parches con diferente nivel de utilización cambia de acuerdo a la estación, el sistema de pastoreo y la carga animal (Cid y Brizuela, 1998).

Los parches también se forman por la distribución relativa y la abundancia de las diferentes especies de plantas en la pastura, por ejemplo, incluso en una vegetación relativamente uniforme, los animales deberían crear parches por alimentarse en puntos donde la densidad de una especie particular supera un umbral. Con esto se asume que por debajo de un umbral de densidad, es energéticamente más rentable para el animal moverse y continuar la búsqueda por otros parches (O'Regain y Schwartz, 1995).

Existe una gran variación estacional en la cobertura relativa de los parches y en las características del forraje (disponibilidad de forraje y valor nutritivo). El pastoreo genera una disminución de la disponibilidad de forraje de los parches y un incremento en el valor nutritivo a través de la estimulación del rebrote (Wallis De Vries y Daleboudt, 1994). La cantidad de forraje, la altura y densidad y la madurez (estado fisiológico), son las principales características determinantes del valor nutritivo de los parches.

La intensidad de pastoreo a través de la carga animal afecta la proporción de parches altos y bajos en el potrero (Cid *et al.*, 2008). La altura del canopeo de los parches intensamente defoliados (bajos) fue menor que aquellos parches ligeramente defoliados bajo todas las cargas animales evaluadas, lo cual indica que los animales en pastoreo crean y sostienen una heterogeneidad estructural en la pastura a través de un gradiente de carga animal. La carga animal afectó principalmente la altura de los parches ligeramente defoliados, mientras que los parches intensamente defoliados permanecieron con una altura constante de cinco centímetros (Cid y Brizuela, 1998).

A pequeña escala (ej. el potrero) cambios en la disponibilidad y accesibilidad de los parches de pastoreo determinan cambios en la conducta animal, tasa de consumo, y consecuentemente en la performance. La comprensión de la dinámica de pastoreo puede ayudar al diseño del manejo de pastoreo, llevando al ganado a cosechar la mayor cantidad de hoja verde posible con el menor esfuerzo (Gregorini *et al.*, 2011).

1.1.3. El proceso de pastoreo

El proceso de pastoreo puede ser expresado como una serie de bocados espacio-temporales que remueven un conjunto de plantas por cada animal. A lo largo de los procesos de defoliación, cada animal afecta espacio-temporalmente las deyecciones y distribución de la orina y cada planta experimenta una distribución espacio-temporal de factores microambientales, incluyendo agua, luz y nutrientes (Laca, 2009).

En el proceso de alimentación los herbívoros tienen el desafío de alimentarse de un recurso que es complejo y dinámico en el tiempo y en el espacio. Una misma planta tiene su estructura y composición modificadas a lo largo del tiempo en

respuesta de su fenología y ambiente. Al mismo tiempo, los animales tienen su estado interno modificado, pues su condición corporal, sus requerimientos y sus niveles de aprendizaje en relación al ambiente alimenticio, evolucionan a lo largo del tiempo (Carvalho *et al.*, 2008).

En este proceso de optimización del pastoreo, las acciones del animal son tomadas en diferentes escalas espacio-temporales que procuran garantizar la capacidad de sobrevivencia y reproducción de los animales (Carvalho *et al.*, 2008). Bailey *et al.* (1996) identificaron seis escalas para los grandes herbívoros en la jerarquía del pastoreo: bocado, estación alimenticia, parche, sitio de pastoreo, campo de pastoreo y región de pastoreo. En cada escala se observan patrones de alimentación distintos, así como también son distintos los objetivos de los animales y la importancia de determinados parámetros (Cuadro 2).

Cuadro 2. Escalas espaciales y temporales necesarias para consideración en el estudio de las relaciones planta-animal (Calvalho *et al.*, 2008).

Escala espacial	Resolución espacial de la unidad seleccionada	Escala de tiempo entre decisiones	Definición comportamental	Motivación para movimiento	Variable de respuesta	Criterios de selección involucrados	Mecanismos involucrados	Entidades vegetacionales
Bocado	0.0001 a 0.01 m ²	1 a 2 segundos	Movimientos mandibulares, de lengua y de cuello	Agotamiento del forraje, selección de dietas, estímulos del olfato, paladar y tacto	Masa de bocado	Concentración de nutrientes y toxinas, tamaño de la planta	Consumo y elección de dietas	Partes de plantas
Estación alimenticia	0.1 a 1 m ²	5 a 100 segundos	Posición de las patas delanteras	Agotamiento del forraje, selección de dietas, abundancia de forraje, bocado	Tasa de bocado	Abundancia y calidad de forraje, especies de plantas e interacciones sociales	Frecuencia de retorno, consumo y tránsito de forraje	Planta
Parche	1 m ² a 1 ha	1 a 30 minutos	Reorientación del animal para un nuevo lugar. Quiebra en la frecuencia de pastoreo	Agotamiento del forraje, consumo, composición botánica, estímulo visual y olfativo, interacciones sociales	Permanencia en la estación alimenticia	Abundancia y calidad del forraje, especies de plantas, interacciones sociales y topografía	Tránsito del forraje, consumo TFO, selección (memoria espacial)	Grupos de plantas
Sitio de pastoreo	1 a 10 ha	1 a 4 horas	“Comidas”	Agotamiento de la forraje, tasas de ingestión y digestión	Movimientos durante el pastoreo	Topografía, calidad y abundancia del forraje, distancia al agua, fenología, predación	Frecuencia de selección (memoria espacial) y reglas prácticas	Asociación de especies de plantas
Campo de pastoreo	10 a 100 ha	1 a 4 semanas	Áreas centrales próximas donde los animales beben agua y descansan entre comidas	Fenología, agua, cobertura, agotamiento del forraje y rebrote	Asignación del tiempo diario	Disposición del agua, abundancia de forraje, fenología, termorregulación, competencia, cobertura	Migración, frecuencia de selección (memoria espacial)	Unidad de paisaje
Región de pastoreo	>1000 ha	1 mes a 2 años	Dispersión o migración	Social, reproducción, fenología, competencia, agua, termorregulación	Historia de vida	Disponibilidad de agua, abundancia de forraje, fenología, termorregulación, competencia	Migración y dispersión	Tipo de paisaje-región geográfica

La menor escala de decisión del animal es el bocado, que significa la acción o acto de aprehender el forraje con la boca (Gibb, 1998). La estación de alimentación fue definida por Novellie (1978) como el área de plantas disponible para el herbívoro sin mover sus patas delanteras (Bailey *et al.*, 1996; Kondo, 2011). El concepto de parche de alimentación puede ser definido de varias maneras. Según Bailey *et al.* (1996) un parche es un agregado de estaciones alimenticias separado de otros parches por un detenimiento en la secuencia de pastoreo, cuando el animal se reorienta para una nueva ubicación.

Recientemente un parche se ha definido como un área donde se observa una agregación espacial de bocados que se caracterizan por una tasa de consumo instantánea constante (Carvalho *et al.*, 2008). En el presente trabajo como se expresó anteriormente se consideró la definición de parche de pastoreo reportada por Ring *et al.* (1985) quienes definieron a los parches de pastoreo bajos como aquellas áreas intensamente defoliadas, mientras que los parches de pastoreo altos fueron definidos como áreas sin pastoreo o ligeramente defoliadas.

Bailey *et al.* (1996) definieron un sitio de pastoreo como un agregado de parches en un área contigua donde los animales pastorean durante una sesión (delimitada por una interrupción de la acción de pastoreo para descanso, rumia, etc.). Un campo de pastoreo es un agregado de los diferentes sitios de pastoreo con un foco común donde los animales buscan agua, descanso o sombra. El nivel regional de pastoreo es definido por un agregado de campos de pastoreo definido por cercas, barreras, etc. En muchos casos, una región de pastoreo se constituye en un único campo de pastoreo (Carvalho *et al.*, 2008).

Una vez que el animal ha tomado un bocado, el pastoreo continúa en las menores escalas hasta que la velocidad de ingestión no cae debajo de un determinado nivel. Cuando este nivel es sobrepasado, el animal se cambia para un nuevo nivel espacial, donde se escogen nuevas estaciones disponibles (Laca, 2000). Cuando la velocidad de ingestión en una estación alimenticia se torna muy baja, una nueva estación es

seleccionada, y cuando las estaciones preferidas se vuelven escasas, un nuevo parche es seleccionado, y así sucesivamente.

El proceso de pastoreo presentado, evidencia el hecho de que la estructura horizontal de la vegetación es fuertemente afectada por el nivel de oferta de forraje en cuanto a la diferenciación de los sitios preferidos (parches pastoreados) y no preferidos (poco o nulo pastoreo) existentes en la pastura (Carvalho *et al.*, 2008).

En menores alturas de pastura, los animales caminan menos entre estaciones alimenticias y se desplazan más rápidamente. En situaciones de abundancia de forraje, los animales tienen altas tasas de ingestión y mastican bocados de alta masa de forraje mientras caminan distancias más largas, utilizando más tiempo para la búsqueda de los sitios de pastoreo preferidos (Carvalho *et al.*, 2008).

El consumo total de forraje de un determinado animal es el resultado de la acumulación de forraje consumido en cada una de las acciones realizadas en la menor escala del proceso de pastoreo, el bocado, y de la frecuencia con que los realiza a lo largo del tiempo de alimentación (Carvalho *et al.*, 2008). El tamaño de bocado tiene la mayor influencia en el consumo, siendo la tasa de bocado y el tiempo de pastoreo variables compensatorias.

La estructura de la pastura influye en grado variable en el tamaño de bocado, dependiendo del tipo de pastura. El tamaño de bocado y la susceptibilidad de la pastura a la defoliación no pueden predecirse solo en base a la disponibilidad de forraje; tanto la altura de la pastura como la densidad deben ser tenidas en cuenta. Estas características estructurales de la pastura están relacionadas al IAF, que a su vez determina la absorción de la luz y el crecimiento de forraje (Laca y Lemaire, 2000).

Cuando se reduce el forraje, los animales pueden, dentro de un rango limitado, compensar la reducción del consumo desde el menor tamaño de bocado con un incremento en la tasa de bocado y el tiempo de pastoreo. Sin embargo, con una progresiva reducción del forraje disponible la tasa de consumo puede estar

determinada principalmente por el tamaño de bocado y por lo tanto disminuye el consumo total (Wallis De Vries y Deleboudt, 1994).

Wade (1991) demostró que la altura de los macollos extendidos (relacionado fuertemente con la altura de la pastura) y la densidad aparente del perfil de la pastura (relacionado a la densidad de macollos) son las principales características que determinan la máxima tasa de consumo diaria de forraje en vacas lecheras. Cuando el pastoreo alcanza la capa de vainas, la máxima tasa de consumo de forraje decrece. Por lo tanto, la longitud de las vainas es una importante característica estructural de la pastura y debe ser tomada en cuenta para el manejo del pastoreo por la razón de ejercer un efecto tanto en restringir la tasa de consumo de forraje como en la TEH y TAH y en la respuesta plástica de las gramíneas a la variación en el manejo de la defoliación.

McGilloway *et al.* (1999) reportaron que el principal factor controlador del consumo cuando la pastura es pastoreada progresivamente es la altura de la pastura, pero cuando la reducción en la altura de la pastura es alta, la densidad del tapiz también influye en la cantidad consumida por bocado. El consumo de forraje, expresado como el consumo de MS por bocado o como consumo de MS por hora, disminuye cuando el nivel de reducción de la altura de forraje es mayor.

1.1.3.1. Selección animal en pastoreo

La selección de la dieta representa lo que el animal en pastoreo consume en un momento dado. Esto es el resultado de la interacción entre las preferencias dietarias del animal por diferentes componentes de la pastura ofrecida, y la limitante asociada con la disponibilidad (cantidad relativa) y la accesibilidad (facilidad de cosecha de un componente deseado) (Laca y Lemaire, 2000). El fenómeno de preferencia es definido como lo que un animal selecciona en su dieta cuando las limitantes de ubicación e ingestión del alimento son mínimas. El fenómeno de *selección* ha sido definido como “preferencia modificada por limitantes ambientales” (Hodgson, 1979) y así es una función de la dieta preferida por los animales influenciada por factores ambientales y de manejo (Chapman *et al.*, 2007).

Gibb (1998) definió la selectividad como la acción de elegir y consumir plantas, partes de plantas y especies antes que otras, independientemente de la cantidad existente. Los rumiantes domésticos seleccionan materiales de hoja verde en su dieta en mayor proporción a lo ofrecido. De igual forma, prefieren hojas versus tallos (Chapman *et al.*, 2007) y en una pastura mixta la preferencia por leguminosas puede ser muy elevada. Como fue reportado por Rutter (2004) vacas lecheras prefieren trébol en un 70% versus gramíneas, sin embargo, es importante remarcar que el aporte de la leguminosa raramente supera en 20% de la pastura, por ende, aún con preferencias tan elevadas como la encontrada por el autor, la gramínea constituye el componente mayoritario del consumo de animales en pasturas mixtas. Cambios en selectividad pueden ser asociados a diferentes intensidades de pastoreo, Virkajärvi *et al.*, (2001) reportaron incrementos en la selección de especies bajo menores intensidades de pastoreo.

La selección de forraje por los herbívoros está fuertemente afectada por el patrón de distribución horizontal de la pastura. Algunos resultados y modelos experimentales ilustran la necesidad de tomar en cuenta la heterogeneidad horizontal para explicar la variación observada en las mediciones de peso de bocado y tasa de bocado. Por lo tanto, la tasa de consumo y el comportamiento ingestivo podrían estar influenciados en gran medida por las áreas seleccionadas (Laca y Lemaire, 2000).

Mediante la selección de los mejores parches, el animal puede compensar el efecto de la heterogeneidad. Además la compensación puede tener lugar si el animal cambia su comportamiento a escala local en respuesta a las condiciones globales, por ejemplo a través del incremento del número de bocados por estación alimenticia en respuesta a una reducción en la cantidad promedio de forraje disponible por unidad de área (Laca, 2009).

El ganado prefiere pastorear repetidamente en parches intensamente pastoreados si su altura no es limitante de la tasa de consumo o si el animal compensa la reducción del tamaño de bocado por incremento de la tasa de bocado. Cuando la carga animal es baja, el ganado usa repetidamente los parches intensamente

pastoreados, aunque ellos representen solo un 30% del potrero (Cid y Brizuela, 1998). Sin embargo, los animales consumen más forraje de los parches que presentan mayor disponibilidad de forraje, siendo esto más evidente cuando la intensidad de pastoreo fue mayor (Hirata, 2002). Esto soporta que los animales sean menos selectivos cuando la carga animal es alta o la intensidad de pastoreo es mayor (Cid y Brizuela, 1998; Hirata, 2002).

Los animales visitan los parches cortos más frecuentemente, realizan pastoreos prolongados e incrementan la tasa de bocado en estas áreas, versus parches altos o intermedios, prefieren los parches bajos por su mayor digestibilidad y concentración de nitrógeno. Sin embargo, esto no hace necesariamente que el consumo medio de forraje en parches cortos sea mayor que en otro tipo de parches, porque la baja disponibilidad de forraje de éstos puede limitar la tasa de consumo de los animales (Hirata, 2002).

Una respuesta consistente de los animales al parcheado es seleccionar parches de mayor valor nutritivo (parches sobre-pastoreados), parches productivos y rechazar los de menor valor nutritivo (parches que no son pastoreados). Cuando el parche pastoreado se agota o colapsa, nuevos parches se inician de áreas que no fueron pastoreadas o las áreas pastoreadas se expanden hasta que los parches se unen (O'Regain y Schwartz, 1995).

La selección por tipo de parches depende además de la estación del año, ya que diferencias en valor nutritivo del forraje (principalmente composición de tallos y material senescente) de los parches depende de la época del año. Parches con mayor cantidad de forraje son ventajosos en términos de cantidad como en valor nutritivo durante primavera, sin embargo en el resto de los meses solo son ventajosos en términos de cantidad de forraje (Ogura *et al.*, 2002).

La intensidad de pastoreo afecta la proporción y utilización de parches altos y bajos en el potrero. Una mayor intensidad de pastoreo resultó en una utilización más uniforme de los parches por una reducción de la selectividad de los animales (Hirata, 2002). Cid y Brizuela (1998) por su parte, reportaron que la altura del canopeo de los

parches intensamente utilizados (bajos) fue menor que aquellos parches ligeramente utilizados bajo todas las cargas animales evaluadas, lo cual indica que los animales en pastoreo crean y sostienen una heterogeneidad estructural en la pastura a través de un gradiente de carga animal.

Hipótesis del trabajo

- 1- La altura remanente de pastoreo y la estación del año determinan la proporción de parches de pastoreo, así como también los atributos de estructura que los caracterizan.
- 2- Festuca alta expresa mecanismos de compensación tamaño y densidad de macollos bajo las alturas de pastoreo evaluadas.
- 3- Las diferencias generadas en la estructura de estos parches de pastoreo, condicionan la evolución de los mismos y por consiguiente el crecimiento de la pastura en su conjunto.
- 4- La proporción de parches de pastoreo y su estructura generadas bajo diferentes alturas remanentes, modifican la estrategia de selección de vacas lecheras.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC), Facultad de Agronomía – UDELAR, ubicada en la ruta 3 km 363,5 Paysandú – Uruguay (32 ° 22' S - 58 ° 03' W) durante otoño (20 Abril - 22 Mayo) y primavera (11 Setiembre – 21 Octubre) del año 2010.

2.2. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

Se emplearon 9 hectáreas (1.5 por tratamiento) de una pastura mezcla ubicada en el sistema de producción lechero en la EEMAC. El diseño experimental fue de bloques completos al azar (2 Bloques) con tres tratamientos de altura de pastoreo. Los tratamientos fueron cambios en la altura remanente post-pastoreo de 6 (T6), 9 (T9) y 12 (T12) puntos de plato (RPM- Rising Plate Meter® - Ashgrove Co., Palmerston North, New Zealand), con similar altura de ingreso al pastoreo, 19 ± 3 puntos de plato.

2.3. SUELOS Y PASTURA

Se empleó una pastura mezcla de segundo año de festuca (*Schedonorus phoenix* (Scop.) Holub, formalmente *Festuca arundinacea* Schreb.) y trébol blanco (*Trifolium repens*). La pastura fue sembrada en mayo de 2009 a una densidad de siembra de 10 kg/ha de festuca cv. La Sorpresa y 2 kg/ha de trébol blanco cv. Zapicán. La pastura fue fertilizada con 78 unidades de fósforo y 98 unidades de nitrógeno desde la siembra hasta el inicio del experimento. Los suelos dominantes fueron Brunosoles éutricos típicos con presencia de suelos asociados Solonetz Solodisado Melánico (blanqueales) pertenecientes a la unidad de suelos San Manuel, según la clasificación de suelos del Uruguay (Altamirano, 1976).

2.4. ANIMALES Y MANEJO

Se utilizaron 12 y 13 vacas Holando de primer tercio de lactancia con un peso vivo promedio de $632 \pm 91,4$ kg y condición corporal de $3 \pm 0,4$ (escala 1=flaca,

5=gorda, Wildman *et al.*, 1982) por tratamiento en otoño y primavera respectivamente. Los animales fueron bloqueados por edad (primera, segunda y tercera lactancia). La altura remanente de pastoreo se estableció mediante el empleo de diferente número de animales volantes por tratamiento; mientras que en T12 no se utilizaron animales volantes, en T6 y T9 se incluyeron 6 y 3 animales volantes en otoño y 7 y 4 en primavera respectivamente.

El sistema de pastoreo fue rotativo entre bloques y los animales permanecieron en cada parcela durante 15 y 7 días en otoño y primavera respectivamente. En otoño se realizó un pastoreo único en cada parcela, mientras que en primavera se realizaron dos pastoreos con 21 días de descanso entre ambos. Durante el invierno todos los tratamientos fueron pastoreados en dos oportunidades con elevada carga instantánea asegurando un remanente de T9.

Las vacas fueron retiradas del pastoreo para los ordeñes a las 5 00 y 15 00 horas. Durante otoño se realizó un único pastoreo diario, entre el ordeño matutino y vespertino, permaneciendo los animales encerrados luego del ordeño vespertino donde se le suministró la suplementación correspondiente y agua ad-libitum. En primavera las vacas permanecieron siempre en la pastura, únicamente fueron retiradas para los ordeñes y recibieron la suplementación en la sala de ordeño.

Todos los animales recibieron igual tipo y cantidad de suplemento; 5 y 3,5 kgMS/vaca/día de ración comercial y ensilaje de pastura respectivamente durante otoño, y 3,5 kgMS/vaca/día de ración comercial en primavera (composición de la ración comercial: grano de maíz, grano de trigo, expeler de girasol, expeler de soja, sal común, fosfato bi calcio, carbonato de calcio, óxido de magnesio, bicarbonato de sodio, núcleo ACA; con 16% de proteína cruda (PC) y 30% de fibra detergente neutro (FDN)).

2.5. CONDICIONES CLIMÁTICAS

Las precipitaciones, temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar fueron registradas en la estación meteorológica automática instalada en la EEMAC (Vantage Pro 2®). Se realizó un balance hídrico por el método de

Thornthwaite-Mather (1955) para el año donde se llevó a cabo el experimento (2010) y para el año anterior (2009) de forma de obtener el almacenaje de agua disponible en el período previo al experimento. Se estimó el almacenaje de agua disponible en el suelo para una lámina de 60 mm determinada por el tipo de suelo, los excesos y déficit hídricos ocurridos. Las estimaciones se realizaron de forma decádica entre el primero de enero de 2010 y el 31 de diciembre de 2010 (Figura 3).

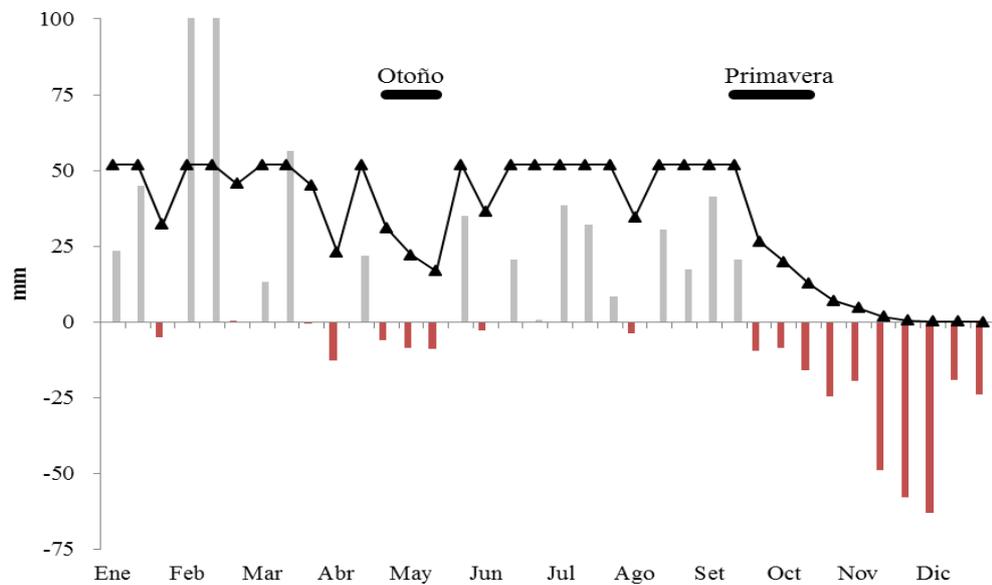


Figura 3. Balance hídrico para el año 2010. ■ Déficit hídrico (mm); ■ Exceso hídrico (mm); ▲ Almacenaje de agua disponible en el suelo; — período experimental.

Ambos períodos experimentales comenzaron con la máxima capacidad de almacenaje de agua disponible en el suelo. Con el transcurso del experimento se fue reduciendo la misma, debido a la ocurrencia de déficit hídrico en ambos momentos (demanda hídrica mayor a la oferta). En primavera los incrementos en la temperatura media diaria provocaron mayores déficit hídricos al finalizar el período experimental, situación que se prolongó durante los primeros meses de verano. La temperatura fue en promedio de $15 \pm 2,5$ °C y $16 \pm 2,6$ °C para otoño y primavera respectivamente.

2.6. DETERMINACIONES

2.6.1. Altura y cantidad de forraje

En otoño y primavera se registró la altura de la pastura cada dos días durante cada pastoreo con plato (RPM). Se tomaron 70 puntos por parcela caminando en zigzag. Al ingreso y salida del pastoreo, se estimó la cantidad de forraje (kgMS/ha) a través de la calibración del plato, utilizando la técnica de doble muestreo de Haydock y Shaw (1975). Se determinaron tres escalas de altura de plato (Baja, Media y Alta) y se cortaron a ras del suelo tres repeticiones de cada escala. Las muestras consistieron en cuadros de 30*30 cm, que fueron secados en estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 horas para la determinación de materia seca. Luego se determinó la relación entre altura de plato y la cantidad de forraje disponible (kgMS/ha).

2.6.2. Tasa de crecimiento de forraje

En otoño y primavera se determinó la tasa de crecimiento, mediante la diferencia en cantidad de forraje remanente entre dos pastoreos sucesivos. La diferencia entre ambos disponibles durante el período de rebrote (sin pastoreo) dividido por los días de duración de dicho período se consideró como la tasa de crecimiento diaria de forraje. Fueron considerados todos los pastoreos ocurridos en cada estación, más allá del período experimental (otoño- Marzo, Abril y Mayo; primavera- Setiembre, Octubre y Noviembre).

2.6.3. Descripción de la estructura horizontal de la pastura

En otoño, en cada parcela, se realizó un cuadrículado de 10*10 metros en toda el área mediante piolas marcadas cada 10 m, en cada punto del cuadrículado se registró dentro de una cuadrícula de 30*30 cm (adaptado de Wallis De Vries *et al.*, 1999):

i) Tipo de parche de pastoreo. Los parches se clasificaron subjetivamente en dos categorías según la altura de la vegetación: bajos (parches severamente defoliados) y altos (áreas sin pastoreo o ligeramente defoliadas) (Ring *et al.*, 1985).

ii) Altura de plato (RPM).

iii) Composición botánica a través del método de BOTANAL (Mannetje y Haydock, 1963), donde se determinó el porcentaje de festuca, trébol blanco, restos secos y otras especies.

iv) Porcentaje de suelo descubierto (apreciación visual – escala 5%).

Durante primavera, se realizó un cuadrículado de 5*5 metros, mediante la ubicación de piolas marcadas a dicha distancia, en cada punto del cuadrículado dentro de una cuadrícula de 30*30 cm se determinó:

i) Tipo de parche de pastoreo Alto vs. Bajo.

ii) Porcentaje de las dos especies forrajeras predominantes festuca y trébol blanco y el porcentaje de otras especies (apreciación visual - escala 5%).

iii) Porcentaje de suelo descubierto (apreciación visual - escala 5 %).

2.6.4. Estructura vertical de cada tipo de parche de pastoreo

Una vez por estación se determinó la estructura de cada tipo de parche. Se trazaron dos diagonales imaginarias en cada parcela, donde cada 15 metros aproximadamente se tomó una muestra al azar de un pan de tierra de 10*10 cm por 5 cm de profundidad. En cada parcela, por cada tipo de parche (Alto, Bajo) se colectaron 6 panes de tierra. Las muestras fueron acondicionadas y almacenadas en freezer para su posterior análisis en laboratorio. Una vez en laboratorio se cortaron los macollos de festuca en su base y el resto de las especies a ras del suelo y se realizaron las siguientes determinaciones (en base a Arosteguy, 1982):

i) Número de macollos totales de festuca.

ii) Número de macollos pequeños y grandes de festuca (subjetivo).

iii) Peso seco de lámina y vaina lo que permitió estimar la relación lámina/vaina en peso seco (g MS lámina/g MS vaina).

iv) El largo de la vaina en submuestras de 10 macollos grandes y pequeños de festuca.

v) Composición de especies en porcentaje de la cantidad de forraje disponible en el pan de tierra (porcentaje de festuca, porcentaje de trébol blanco, porcentaje de otras especies y porcentaje de restos secos).

vi) Relación verde/seco en base a la cantidad de forraje verde disponible en el pan de tierra y la cantidad de restos secos presentes.

2.6.5. Evolución del número de macollos de festuca

Se calculó la variación porcentual de macollos grandes y pequeños entre otoño y primavera dentro de cada altura de pastoreo y tipo de parche. Se calculó el porcentaje de incremento o disminución del número de macollos grandes y pequeños en primavera, en base al número de macollos presente en otoño. Para dicho cálculo se consideró el promedio del número de macollos grandes y pequeños obtenido en las muestras de panes de tierra, cada tipo de parche y altura de pastoreo.

2.6.6. Evolución de la pastura durante el pastoreo

Durante primavera se establecieron dos franjas de 30 m por 30 cm en cada parcela donde se realizaron mediciones *in situ* de la pastura durante los días de pastoreo (adaptado de Wade y Carvalho, 2000). Cada día, en cada franja y cada 30 centímetros se determinó:

i) Tipo de parche de pastoreo Alto vs. Bajo.

ii) Altura de plato (RPM).

iii) Porcentaje de las dos especies forrajeras predominantes, festuca y trébol blanco (apreciación visual - escala 5%).

iv) Porcentaje de suelo descubierto (apreciación visual – escala 5 %).

2.6.7. Actividad de pastoreo y selectividad

2.6.7.1. Probabilidad de pastoreo

En primavera, los dos últimos días de cada período de pastoreo se registró la conducta en pastoreo de tres animales por tratamiento mediante apreciación visual, durante la primera sesión post ordeño matutina y vespertina. Cada 5 minutos, se registró la actividad de cada vaca según las siguientes categorías: pastoreo, rumia, descanso, otras actividades (bebiendo agua, actividades sociales) (Dumont *et al.*, 2007). La probabilidad de encontrar un animal pastoreando u otras actividades se expresó en base al número total de actividades registradas para cada animal.

2.6.7.2. Selección animal

En primavera, durante la primera sesión post ordeño matutina y vespertina, se determinó la selectividad por tipo de parche (alto-bajo) en tres animales por altura de pastoreo. Los registros fueron tomados cada 5 minutos. La selectividad se calculó mediante un índice de selección (IS) de parches. El IS de parches se determinó como el cociente entre el porcentaje de parches altos o bajos preferidos por el animal y el porcentaje de parches altos y bajos presentes en la pastura en dicho momento (Coates y Penning, 2000).

2.7. MODELOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Para las determinaciones realizadas en la pastura y animal, la parcela y el grupo de animales fueron considerados las unidades experimentales respectivamente.

La tasa de crecimiento de forraje se analizó con un modelo lineal general con el procedimiento Mixed de SAS (SAS Institute, Cary, NC, 2001) donde se incluyeron los efectos del bloque, el tratamiento de altura de pastoreo, la estación del año y la interacción altura de pastoreo por estación del año. Las medias de los efectos significativos fueron comparadas usando el test Tukey ($P < 0,05$).

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + A_j + E_k + (AE)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde: Y_{ijk} : Tasa de crecimiento
 μ : Media general
 β_i : Efecto del i-ésimo bloque
 A_j : Efecto del j-ésimo tratamiento de altura
 E_k : Efecto de la k-ésima estación del año
 $(AE)_{jk}$: Interacción tratamiento altura – estación del año
 ε_{ijk} : Error experimental

El efecto del bloque, el tratamiento de altura de pastoreo, la estación del año y sus interacciones sobre la probabilidad de encontrar parches altos y bajos se analizó mediante un modelo lineal generalizado asumiendo una distribución binomial de la variable número de parches altos o bajos en el total de parches. Se utilizó en procedimiento Genmod del paquete estadístico SAS. A los efectos de obtener medidas no sesgadas de los efectos principales, fueron eliminadas del modelo las interacciones cuando estas no fueron significativas. La correlación entre medidas repetidas fue estimada por el método GEE (generalized estimating equations). Las medias de los efectos significativos fueron comparadas utilizando el test de razón de verosimilitud con una probabilidad del error del 5%.

$$\text{Ln}(P_{ijk}/(1-P_{ijk})) = \beta_0 + \beta_i + A_j + E_k + (AE)_{jk}$$

Dónde: $\text{Ln}(P_{ijk}/(1-P_{ijk}))$: función logit del parámetro P_{ijk} : probabilidad de encontrar parches altos en cada bloque-altura-estación
 β_0 : Intercepto del modelo
 β_i : Efecto del i-ésimo bloque
 A_j : Efecto del j-ésimo tratamiento de altura
 E_k : Efecto de la k-ésima estación del año
 $(AE)_{jk}$: Interacción tratamiento de altura – estación del año

Para analizar el porcentaje de especies y suelo descubierto en la pastura se ajustaron modelos lineales generales donde se asumió una distribución multinomial ordinal. Se incluyó el efecto del bloque, altura de pastoreo, estación del año, tipo de

parche anidado dentro de altura de pastoreo y sus interacciones. Los efectos principales fueron analizados a través de contrastes ($P < 0,05$).

$$\text{Ln}(P_{ijkl.m}/(1-P_{ijkl.m})) = \beta_0 + \beta_i + A_j + E_k + T_1(A_j) + T_1((AE)_{jk})$$

Dónde: $\text{Ln}(P_{ijkl.m}/(1-P_{ijkl.m}))$: función logit del parámetro $P_{ijkl.m}$: probabilidad acumulada del nivel m de la escala, en cada bloque-altura-estación-tipo de parche

β_0 : Intercepto del modelo

β_i : Efecto del i-ésimo bloque

A_j : Efecto del j-ésimo tratamiento de altura

E_k : Efecto de la k-ésima estación del año

$T_1(A_j)_j$: efecto anidado del l-ésimo tipo de parche dentro de cada tratamiento de altura

$T_1((AE)_{jk})$: Efecto anidado del l-ésimo tipo de parche dentro de cada tratamiento de altura – estación del año

Para las variables de estructura vertical de los parches (número de macollos totales, grandes y pequeños; peso por macollo grande y pequeño; relación número de macollos grandes/macollos pequeños; relación lámina/vaina de macollos grandes y pequeños; largo de vainas de macollos grandes y pequeños de festuca; % festuca; % trébol blanco; % de otras especies; % de restos secos; relación verde/seco) se utilizó un modelo lineal general, donde se incluyeron los efectos del bloque, el tratamiento de altura de pastoreo, la estación del año, el tipo de parche anidado dentro de altura de pastoreo y sus interacciones. Se utilizó el procedimiento Mixed de SAS. Se utilizó el método AR (1) para testar la correlación de los errores y los efectos principales se testaron mediante Tukey ($P < 0,05$).

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_i + A_j + \varepsilon_{ij} + E_k + T_1(A_j) + T_1((AE)_{jk}) + \varepsilon_{ijkl}$$

Dónde: Y_{ijkl} : Es la variable de respuesta

μ : Media general

β_i : Efecto del i-ésimo bloque

A_j : Efecto del j-ésimo tratamiento de altura

E_k : Efecto de la k-ésima estación del año

$T_l(A_j)_j$: Efecto anidado del l-ésimo tipo de parche dentro de cada tratamiento de altura

$T_l((AE)_{jk})$: Efecto anidado del l-ésimo tipo de parche dentro de cada tratamiento de altura – estación del año

ε_{ij} : Error experimental

ε_{ijkl} : Error entre tipos de parches y de la medida repetida

La dinámica de desaparición de especies, evolución de la altura y evolución del porcentaje de suelo descubierto durante los días de pastoreo se analizó con un modelo de medidas repetidas en el tiempo, mediante el procedimiento Mixed de SAS, incluyendo los efectos bloque, tratamiento de altura de pastoreo, tipo de parche anidado dentro de altura de pastoreo y días de pastoreo (1 a 6 días). En el análisis de la evolución del porcentaje de parches no se incluyó en el modelo el efecto del tipo de parche anidado dentro del tratamiento de altura de pastoreo. Se utilizó el método AR (1) para la correlación de los errores, para testar los efectos principales se utilizó Tukey ($P < 0,05$).

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_i + A_j + \varepsilon_{ij} + T_k(A_j) + D_l + (DA)_{jl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Dónde: Y_{ijkl} : Es la variable de respuesta

μ : Media general

β_i : Efecto del i-ésimo bloque

A_j : Efecto del j-ésimo tratamiento de altura

E_k : Efecto de la k-ésima estación del año

$T_l(A_j)$: efecto anidado del l-ésimo tipo de parche dentro de cada tratamiento de altura

$T_l((AE)_{jk})$: Efecto anidado del l-ésimo tipo de parche dentro de cada tratamiento de altura – estación del año

ε_{ij} : Es el error experimental

ε_{ijkl} : Es el error entre tipos de parche y de la medida repetida

La probabilidad de pastoreo se analizó como el promedio de los tres animales y los dos días de evaluación mediante el procedimiento Glimmix de SAS, donde se incluyeron los efectos de la altura de pastoreo, tipo de parche anidado dentro del tratamiento de altura de pastoreo, turno de pastoreo, semana de medición y sus interacciones. El modelo de autocorrelación adoptado fue el de simetría compuesta (CS). Las medias de los efectos significativos fueron comparadas por Tukey ($P < 0,05$).

$$\text{Ln}(P_{ijkl}/(1-P_{ijkl})) = \beta_0 + A_j + T_j(A_i) + M_k + S_l + (AM)_{ik} + (AS)_{il} + (MS)_{kl}$$

Dónde: $\text{Ln}(P_{ijkl}/(1-P_{ijkl}))$: función logit del parámetro P_{ijkl} : probabilidad de pastoreo en cada altura-tipo de parche-turno-semana

β_0 : Intercepto del modelo

A_j : Efecto del i-ésimo tratamiento de altura

$T_j(A_j)$: efecto anidado del j-ésimo tipo de parche dentro de cada tratamiento de altura

M_k : efecto del k-ésimo turno de pastoreo

S_l : efecto de la l-ésima semana de medición

$(AM)_{ik}$: Interacción tratamiento de altura – turno de pastoreo

$(AS)_{il}$: interacción tratamiento de altura – semana de medición

$(MS)_{kl}$: Interacción turno de pastoreo – semana de medición

El índice de selección por parches se analizó con un modelo lineal con el procedimiento Mixed de SAS, e incluyó los efectos del tratamiento de altura de pastoreo, tipo de parche anidado dentro de altura de pastoreo, semana de medición y sus interacciones. Las medias fueron comparadas mediante el test de Tukey ($P < 0,05$).

$$Y_{ijkl} = \mu + A_j + T_j(A_i) + S_k + (AS)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde: Y_{ijkl} : Es la variable de respuesta
 μ : Media general
 A_i : Efecto del i -ésimo tratamiento de altura
 $T_j(A_i)$: Efecto anidado del j -ésimo tipo de parche dentro de cada tratamiento de altura
 S_k : Efecto de la k -ésima semana de medición
 $(AS)_{ik}$: Interacción tratamiento de altura – semana de medición
 ε_{ijk} : Es el error experimental

3. RESULTADOS

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA PASTURA

La altura y la cantidad de forraje disponible al inicio del pastoreo fue similar en ambas estaciones del año y en todas las alturas de pastoreo (19 ± 3 puntos de plato y 4260 ± 390 kgMS/ha respectivamente). En el segundo pastoreo de primavera se encontró un efecto de la altura de pastoreo previa, sobre la altura y la cantidad de forraje disponible al inicio del pastoreo (Cuadro 3).

A la salida del pastoreo la altura y la cantidad de forraje remanente incrementaron entre T6 y T12 en los tres pastoreos realizados (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de la estación del año y la altura de pastoreo sobre la altura (plato) y cantidad de forraje (kgMS/ha) al inicio y salida de cada pastoreo.

		Inicio		Salida	
		Altura	Cantidad forraje	Altura	Cantidad forraje
Otoño	T6	17 ± 2 ns	4642 ± 244 ns	8 ± 1 ns	2323 ± 287 ns
	T9	16 ± 2 ns	4318 ± 244 ns	9 ± 1 ns	2667 ± 287 ns
	T12	17 ± 2 ns	4753 ± 244 ns	11 ± 1 ns	3052 ± 287 ns
Primavera	T6	18 ± 2 ns	4180 ± 244 ns	15 ± 1 b	2997 ± 287 ns
	T9	19 ± 2 ns	4148 ± 244 ns	19 ± 1 a	3599 ± 287 ns
1º pastoreo	T12	19 ± 2 ns	4409 ± 244 ns	19 ± 1 a	3571 ± 287 ns
Primavera	T6	20 ± 2 ns	3742 ± 244 ns	10 ± 1 b	2070 ± 287 ns
	T9	22 ± 2 ns	3923 ± 244 ns	12 ± 1 ab	2567 ± 287 ns
2º pastoreo	T12	25 ± 2 ns	4228 ± 244 ns	16 ± 1 a	3128 ± 287 ns

Altura en puntos de plato y Cantidad de forraje en kgMS/ha; T6- Altura remanente 6 puntos; T9- altura remanente 9 puntos; T12- altura remanente 12 puntos de plato (Rising Palte Meter®).

3.1.1. Efecto de la estación del año, altura de pastoreo y tipo de parche sobre la estructura horizontal de la pastura

El porcentaje de cada tipo de parche presentó una tendencia ($P=0,09$) a modificarse con la interacción estación del año por altura de pastoreo. El porcentaje

de especies y suelo descubierto dependió de la interacción estación del año por tipo de parche dentro de cada altura de pastoreo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de la estación del año, altura de pastoreo, tipo de parche y sus interacciones sobre los atributos de estructura horizontal de la pastura.

<i>ESTRUCTURA HORIZONTAL DE LA PASTURA</i>	AP	Estación	Parche(AP)	Est.*AP	Parche(Est.*AP)
Porcentaje de Parches	< 0,05	< 0,05	-	0,09	-
Porcentaje de Festuca	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Porcentaje de Trébol blanco	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Porcentaje de suelo descubierto	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

AP- altura de pastoreo; Est.- Estación del año; <0,05- indica efecto significativo por Tukey (P<0,05); ns- efecto no significativo.

3.1.1.1. Porcentaje de parches de pastoreo

En otoño se encontró superior porcentaje de parches bajos con respecto a primavera (Otoño = 74 ± 2 % vs. Primavera = 50 ± 1 % de parches bajos). Durante otoño, T12 presentó mayor porcentaje de parches altos que las demás alturas de pastoreo. En primavera los parches altos incrementaron con la altura de pastoreo y consecuentemente parches bajos se redujeron (Figura 4).

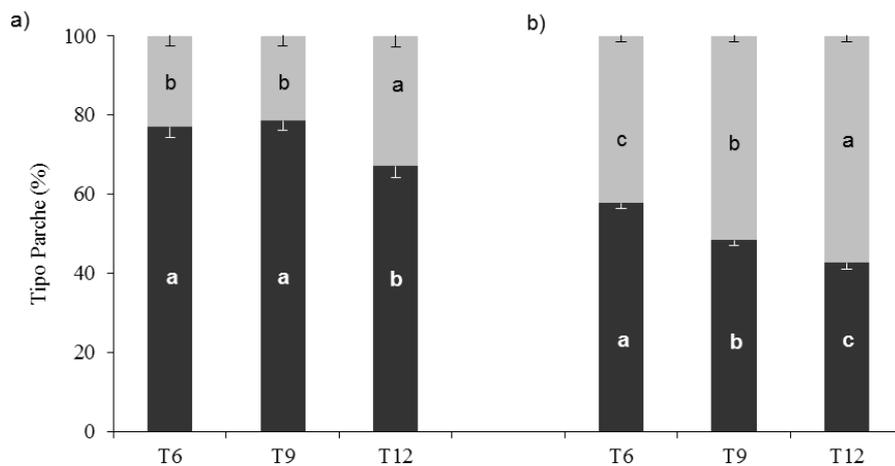


Figura 4. Efecto de la estación del año y la altura de pastoreo sobre el porcentaje de parches altos y bajos a) Otoño, b) Primavera. ■ Parches Bajos; ■ Parches Altos;

T6- Altura remanente 6 puntos; T9- altura remanente 9 puntos; T12- altura remanente 12 puntos de plato (Rising Plate Meter®). Letras diferentes entre columnas indican diferencia significativa en porcentaje de parches altos o bajos entre alturas de pastoreo por Tukey (P<0,05).

3.1.1.2. Porcentaje de especies y suelo descubierto

El porcentaje de festuca, trébol blanco y suelo descubierto fue diferente entre parches dentro de cada altura de pastoreo y para ambas estaciones del año (Cuadro 5). En otoño y primavera, parches bajos presentaron mayor porcentaje de trébol blanco y suelo descubierto que parches altos en todas las alturas de pastoreo. En otoño, los parches altos en T12 presentaron un 18% más de festuca que parches bajos, mientras que en primavera fue en T6 donde parches altos presentaron un 14% más de festuca que parches bajos.

Cuadro 5. Efecto de la estación del año, altura de pastoreo y tipo de parche sobre el porcentaje de festuca, trébol blanco y suelo descubierto.

Estación	AP	Parche	Festuca (%)	TB (%)	SD (%)
Otoño	T6	Bajo	53 ± 1 a	31 ± 1 a	32 ± 1 a
		Alto	66 ± 2 a	14 ± 2 b	12 ± 1 b
	T9	Bajo	58 ± 2 a	23 ± 1 a	28 ± 1 a
		Alto	66 ± 1 a	10 ± 1 b	15 ± 1 b
	T12	Bajo	46 ± 1 b	35 ± 1 a	24 ± 1 a
		Alto	64 ± 1 a	17 ± 1 b	9 ± 1 b
Primavera	T6	Bajo	60 ± 1 b	37 ± 1 a	11 ± 1 a
		Alto	74 ± 2 a	22 ± 2 b	1 ± 1 b
	T9	Bajo	65 ± 2 a	33 ± 1 b	12 ± 1 a
		Alto	66 ± 1 a	34 ± 1 a	1 ± 1 b
	T12	Bajo	57 ± 1 a	40 ± 1 b	9 ± 1 a
		Alto	58 ± 1 a	41 ± 1 a	1 ± 1 b

AP- altura de pastoreo; T6- Altura remanente 6 puntos; T9- altura remanente 9 puntos; T12- altura remanente 12 puntos de plato (Rising Plate Meter®); Valores corresponden a medias de mínimos cuadrados generalizadas ± error estándar; Letras distintas en la columna indican diferencia significativa entre parches dentro de cada altura de pastoreo y estación del año por Tukey (P<0,05).

La altura de pastoreo afectó la estructura horizontal de la pastura a través de variaciones en el porcentaje de cada tipo de parches, porcentaje de especies productivas y porcentaje de suelo descubierto (Cuadro 6).

Cuadro 6. Efecto de la altura de pastoreo sobre el porcentaje de parches, festuca, trébol blanco y suelo descubierto (promedio de ambas estaciones del año).

AP	Parches Bajos (%)	Parches Altos (%)	Festuca (%)	TB (%)	SD (%)
T6	70 ± 2 a	30 ± 2 c	64 ± 2 a	30 ± 1 b	11 ± 1 a
T9	63 ± 2 b	37 ± 2 b	64 ± 2 a	31 ± 1 b	10 ± 1 a
T12	56 ± 1 c	44 ± 2 a	57 ± 2 b	38 ± 1 a	7 ± 1 b

AP- altura de pastoreo; T6- Altura remanente 6 puntos; T9- altura remanente 9 puntos; T12- altura remanente 12 puntos de plato (Rising Plate Meter®); TB- Trébol blanco; SD- Suelo descubierto; Valores corresponden a medias de mínimos cuadrados generalizados ± error estándar; Letras distintas en la columna indican diferencia significativa entre altura de pastoreo por Tukey (P<0,05).

El porcentaje de parches altos incrementó entre T6 y T12, y lo inverso ocurrió con el porcentaje de parches bajos. En T12 se encontró un 7 % menos festuca y un 7 % más trébol blanco que en T6 y T9, y existió un menor porcentaje de suelo descubierto. La altura de pastoreo afectó el porcentaje de parches entre T6 y T9 pero no la composición botánica.

3.1.2. Efecto de la estación del año, altura de pastoreo y tipo de parche sobre la estructura vertical de la pastura

El efecto del tipo de parche dentro de cada altura de pastoreo sobre la altura de la pastura, el porcentaje de trébol blanco y restos secos resultó afectado por la estación del año (Cuadro 7). El porcentaje de festuca dependió del tipo de parche dentro de cada altura de pastoreo, mientras que la relación verde/seco fue afectada por la estación del año (Cuadro 7).

Cuadro 7. Efecto de la estación del año, altura de pastoreo, tipo de parche y sus interacciones sobre los atributos de estructura vertical de la pastura.

<i>ESTRUCTURA VERTICAL DE LA PASTURA</i>	AP	Estación	Parche(AP)	Est.* AP	Parche(Est.*AP)
Altura	ns	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Festuca (%)	ns	ns	< 0,05	< 0,05	Ns
Trébol blanco (%)	ns	ns	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Restos Secos (%)	ns	< 0,05	Ns	Ns	< 0,05
Relación Verde/Seco	ns	< 0,05	Ns	Ns	Ns

AP- altura de pastoreo; Est.- Estación del año; <0,05- indica efecto significativo por Tukey (P<0,05); ns- efecto no significativo.

3.1.2.1. Altura y composición botánica de la pastura

La altura de la pastura fue menor en parches bajos vs. altos en todas las alturas de pastoreo tanto en otoño como en primavera (Figura 5).

El porcentaje de trébol blanco y restos secos dependió del tipo de parche dentro de cada altura de pastoreo y estación del año, mientras que el porcentaje de festuca presentó una tendencia similar (P=0,06). Durante otoño, en todas las alturas de pastoreo los parches bajos presentaron menor porcentaje de festuca y restos secos y mayor porcentaje de trébol blanco con respecto a los parches altos (Figura 5).

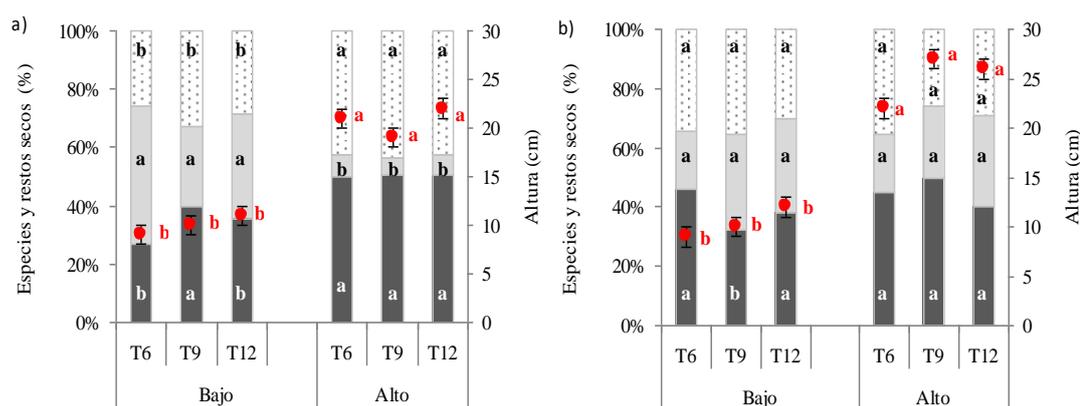


Figura 5. Efecto de la altura de pastoreo y tipo de parche sobre la altura de la pastura y el porcentaje de especies y restos secos durante a) Otoño y b) Primavera. □ Restos Secos (%); ■ Trébol blanco (%); ■ Festuca (%); ● Altura (cm); T6- Altura remanente 6 puntos; T9- altura remanente 9 puntos; T12- altura remanente 12 puntos de plato (Rising Plate Meter®); Barras corresponden a medias de mínimos cuadrados

generalizadas de porcentaje de especies y restos secos; Puntos corresponden a medias de mínimos cuadrados generalizadas de altura de pastoreo \pm error estándar. Letras distintas entre tipo de parche dentro de cada altura de pastoreo indican diferencia significativa por Tukey ($P < 0,05$).

Durante primavera no existieron diferencias entre parches dentro de cada altura de pastoreo en porcentaje de especies y restos secos (Anexo 1). Únicamente T9 presentó menor porcentaje de festuca en parches bajos vs. altos. Sin embargo, fue durante dicha estación donde se registraron diferencias entre las alturas de pastoreo: festuca disminuyó mientras que trébol blanco aumentó entre T6 y T12, mientras que en otoño únicamente el porcentaje de festuca fue menor en T6 que en las demás alturas de pastoreo (Cuadro 8).

Cuadro 8. Efecto de la estación del año y la altura de pastoreo sobre el porcentaje de especies sembradas.

Estación	AP	Festuca (%)	Trébol blanco (%)
Otoño	T6	36 \pm 4 b	27 \pm 4 a
	T9	45 \pm 4 a	17 \pm 4 a
	T12	42 \pm 4 a	21 \pm 4 a
Primavera	T6	45 \pm 4 a	20 \pm 4 a
	T9	41 \pm 4 ab	28 \pm 4 ab
	T12	39 \pm 4 b	32 \pm 4 b

AP- altura de pastoreo; T6- Altura remanente 6 puntos; T9- altura remanente 9 puntos; T12- altura remanente 12 puntos de plato (Rising Plate Meter®); Valores corresponden a medias de mínimos cuadrados generalizadas \pm error estándar; Letras distintas en la columna indican diferencia significativa entre alturas de pastoreo dentro de cada estación del año por Tukey ($P < 0,05$).

En primavera se registró mayor relación verde/seco que durante otoño ($3,4 \pm 0,4$ vs. $2,3 \pm 0,4$ respectivamente), mientras que, el porcentaje de restos secos fue mayor en otoño versus primavera (36 ± 2 vs. $32 \pm 2\%$ para otoño y primavera respectivamente).

3.1.3. Efecto de la estación del año, altura de pastoreo y tipo de parche sobre la estructura vertical de festuca

El efecto del tipo de parche dentro de cada altura de pastoreo sobre el número de macollos totales, grandes y pequeños, la relación lámina/vaina de los macollos pequeños y el largo de las vainas de los macollos grandes resultó afectado por la estación del año (Cuadro 9). El peso de macollos pequeños y grandes y el largo de las vainas fue afectado por el tipo de parche dentro de cada altura de pastoreo (Cuadro 9).

Cuadro 9. Efecto de la estación del año, altura de pastoreo, tipo de parche y sus interacciones sobre los atributos de estructura vertical de festuca

<i>ESTRUCTURA VERTICAL DE FESTUCA</i>	AP	Estación	Parche(AP)	Est.* AP	Parche(Est.*AP)
Número Macollos totales	ns	ns	< 0,05	ns	< 0,05
Número Macollos Grandes	ns	ns	< 0,05	ns	< 0,05
Número Macollos Pequeños	ns	ns	< 0,05	ns	< 0,05
Macollos Pequeños/Grandes	ns	< 0,05	< 0,05	ns	< 0,05
Peso/macollo Pequeño	ns	< 0,05	< 0,05	ns	ns
Peso/macollo Grande	ns	ns	< 0,05	ns	ns
Lámina/Vaina Macollos Pequeños	ns	ns	ns	ns	< 0,05
Lámina/Vaina Macollos Grandes	ns	< 0,05	ns	< 0,05	ns
Largo vainas Macollos Pequeños	ns	< 0,05	< 0,05	ns	ns
Largo vainas Macollos Grandes	ns	< 0,05	< 0,05	ns	< 0,05

AP- altura de pastoreo; Est.- Estación del año; ns- efecto no significativo; <0,05- indica efecto significativo por Tukey (P<0,05).

3.1.3.1. Número de macollos de festuca

El número de macollos totales fue en promedio 5450 ± 297 macollos por metro cuadrado y se encontró afectado por el tipo de parche y altura de pastoreo. En otoño, se registraron las mayores diferencias entre tipos de parches (Cuadro 10). El número de macollos por metro cuadrado de parches altos resultó superior en 4537, 2963 y 1479 macollos que en parches bajos para T6, T9 y T12 respectivamente. En primavera, las diferencias entre ambos tipos de parches no fueron significativas en T6 y T12, mientras que en T9 los parches altos presentaron 2577 macollos por metro cuadrado más que parches bajos.

La relación entre macollos pequeños/macollos grandes fue siempre superior a la unidad lo cual indica que siempre se encontró una mayor proporción de macollos pequeños vs. grandes en festuca. No obstante, las diferencias entre ambos tipos de parches en número de macollos, durante otoño, fueron asociadas con el número de macollos grandes (Cuadro 10).

Los parches altos presentaron mayor número de macollos grandes que parches bajos en todas las alturas de pastoreo durante otoño (diferencia entre parches altos vs. bajos: 1579, 1649 y 1508 macollos/m² para T6, T9 y T12 respectivamente), mientras que el número de macollos pequeños solo fue mayor en parches altos vs. bajos en T6 durante otoño (Cuadro 10).

Cuadro 10. Efecto de la estación del año, altura de pastoreo y tipo de parche sobre el número de macollos de festuca (medias de mínimos cuadrados generalizadas \pm error estándar)

Estación	AP	Parche	MT	MG	MP	MP/MG
Otoño	T6	Bajo	3547 \pm 714 b	902 \pm 305 b	2662 \pm 538 b	3,5 \pm 0,6 a
		Alto	8084 \pm 714 a	2481 \pm 305 a	5607 \pm 538 a	2,6 \pm 0,6 a
	T9	Bajo	4222 \pm 714 b	1142 \pm 305 b	3500 \pm 538 a	1,7 \pm 0,6 b
		Alto	7185 \pm 714 a	2794 \pm 305 a	4349 \pm 538 a	4,0 \pm 0,6 a
	T12	Bajo	4283 \pm 714 a	995 \pm 305 b	3269 \pm 538 a	1,3 \pm 0,6 b
		Alto	5762 \pm 714 a	2503 \pm 305 a	3283 \pm 538 a	4,4 \pm 0,6 a
Primavera	T6	Bajo	6286 \pm 714 a	2191 \pm 305 a	4114 \pm 538 a	2,3 \pm 0,6 a
		Alto	6237 \pm 714 a	2106 \pm 305 a	4122 \pm 538 a	2,1 \pm 0,6 a
	T9	Bajo	4206 \pm 714 b	1438 \pm 305 a	2781 \pm 538 a	1,9 \pm 0,6 a
		Alto	6183 \pm 714 a	2172 \pm 305 a	3987 \pm 538 a	2,0 \pm 0,6 a
	T12	Bajo	4059 \pm 714 a	1531 \pm 305 a	2576 \pm 538 a	1,8 \pm 0,6 a
		Alto	4921 \pm 714 a	1708 \pm 305 a	3173 \pm 538 a	2,4 \pm 0,6 a

AP- altura de pastoreo; T6- Altura remanente 6 puntos; T9- altura remanente 9 puntos; T12- altura remanente 12 puntos de plato (Rising Plate Meter®); MT- Número de macollos totales; MG- Número de macollos grandes; MP- Número de macollos pequeños; MP/MG- Relación macollos pequeños/macollos grandes; Letras distintas en la columna indican diferencia significativa entre parches dentro de cada altura de pastoreo y estación del año por Tukey (P<0,05).

Las variaciones encontradas en número de macollos entre otoño y primavera dependieron del tipo de parche dentro de cada altura de pastoreo. En parches altos

existió un 5 y un 30 por ciento de los macollos grandes y pequeños presentes en otoño que no permanecieron en la primavera.

En los parches bajos de todas las alturas de pastoreo se encontró un incremento de los macollos grandes entre otoño y primavera (T6- 143 %; T9- 26 % y T12- 54 % más macollos grandes en primavera vs. otoño). El número de macollos pequeños se redujo un 21 % entre otoño y primavera en T9 y T12, mientras que en T6 incrementó en un 55 % en igual período (Figura 6).

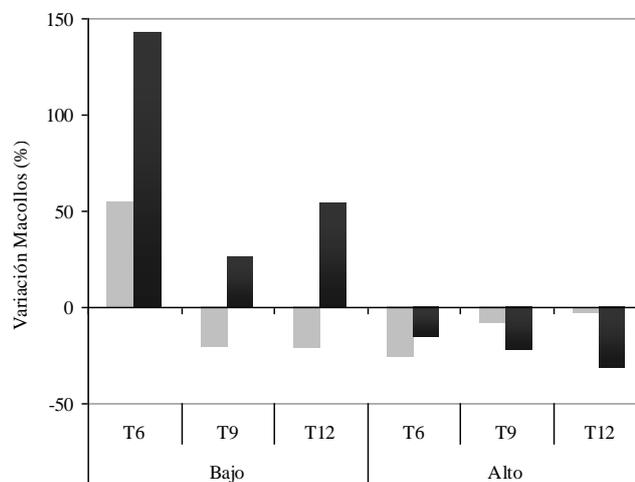


Figura 6. Efecto del tipo de parche y altura de pastoreo sobre los cambios porcentuales de macollos grandes y pequeños entre otoño y primavera (disminución o incremento porcentual en base al número de macollos de otoño). ■ Macollos pequeños; ■ Macollos grandes; T6- Altura remanente 6 puntos; T9- altura remanente 9 puntos; T12- altura remanente 12 puntos de plato (Rising Plate Meter®); Bajo- Parches bajos; Alto- Parches altos.

3.1.3.2. Largo de vainas y relación lámina/vaina de macollos de festuca

El largo de vainas de macollos grandes fue mayor en parches altos vs. bajos en todas las alturas de pastoreo durante primavera y en T6 y T9 durante otoño (Anexo 2). La interacción estación del año por tipo de parche dentro de altura de pastoreo no afectó el largo de vainas de macollos pequeños, no obstante, la relación lámina/vaina de macollos pequeños resultó afectada. Parches bajos presentaron menor relación

lámina/vaina que parches altos en T9 durante primavera, no existiendo diferencias significativas en los macollos grandes (Anexo 2).

Independientemente de la estación del año, los parches bajos presentaron menor largo de vainas que los parches altos en ambos tipos de macollos (Cuadro 11). La magnitud de las diferencias entre ambos tipos de parches fue mayor en primavera.

Cuadro 11. Efecto de la altura de pastoreo y tipo de parche sobre el largo de vainas de macollos grandes y pequeños.

AP	Parche	Lg. Vainas MP	Lg. Vainas MG
T6	Bajo	4,1 ± 0,5 b	6,1 ± 0,6 b
	Alto	6,0 ± 0,5 a	9,8 ± 0,6 a
T9	Bajo	3,9 ± 0,5 b	5,7 ± 0,6 b
	Alto	5,9 ± 0,5 a	11,6 ± 0,6 a
T12	Bajo	4,5 ± 0,5 b	6,4 ± 0,6 b
	Alto	5,9 ± 0,5 a	11,1 ± 0,6 a

AP- altura de pastoreo; T6- Altura remanente 6 puntos; T9- altura remanente 9 puntos; T12- altura remanente 12 puntos de plato (Rising Plate Meter®); Lg. Vainas MP- Largo de vainas de macollos pequeños; Lg. Vainas MG- Largo de vainas de macollos grandes; Valores corresponden a medias de mínimos cuadrados generalizadas ± error estándar; Letras distintas en la columna indican diferencia significativa entre parches dentro de cada altura de pastoreo por Tukey (P<0,05).

3.1.3.3. Tamaño de macollos de festuca

Macollos pequeños y grandes de parches altos presentaron superior peso que sus similares en parches bajos. Las diferencias entre ambos tipos de parches fueron mayores para los macollos grandes vs. pequeños, incrementando las diferencias en tamaño de macollos grandes entre parches altos vs. bajos conforme incrementa la altura de pastoreo (Cuadro 12).

Cuadro 12. Efecto de la altura de pastoreo y tipo de parche sobre el tamaño de macollos grandes y pequeños

AP	Parche	PS MP (mg)	PS MG (mg)
T6	Bajo	28 ± 4 b	90 ± 14 b
	Alto	47 ± 4 a	173 ± 14 a
T9	Bajo	30 ± 4 b	88 ± 14 b
	Alto	55 ± 4 a	236 ± 14 a
T12	Bajo	35 ± 4 b	110 ± 14 b
	Alto	52 ± 4 a	265 ± 14 a

AP- altura de pastoreo; T6- Altura remanente 6 puntos; T9- altura remanente 9 puntos; T12- altura remanente 12 puntos de plato (Rising Plate Meter®); PS MP (mg)- Peso seco/macollo pequeño en miligramos; PS MG (mg)- Peso seco/macollo grande en miligramos; Valores corresponden a medias de mínimos cuadrados generalizadas ± error estándar; Letras distintas en la columna indican diferencia significativa entre parches dentro de cada altura de pastoreo por Tukey (P<0,05).

3.1.3.4. Relación tamaño/densidad de macollos de festuca

Parches bajos presentaron menor número y peso/macollo que parches altos en todas las alturas de pastoreo. La altura de pastoreo no afectó ni el tamaño, ni la densidad de macollos, no obstante, se observaron diferentes tendencias en la respuesta a la altura de pastoreo que dependieron del tamaño de macollo (Figura 7).

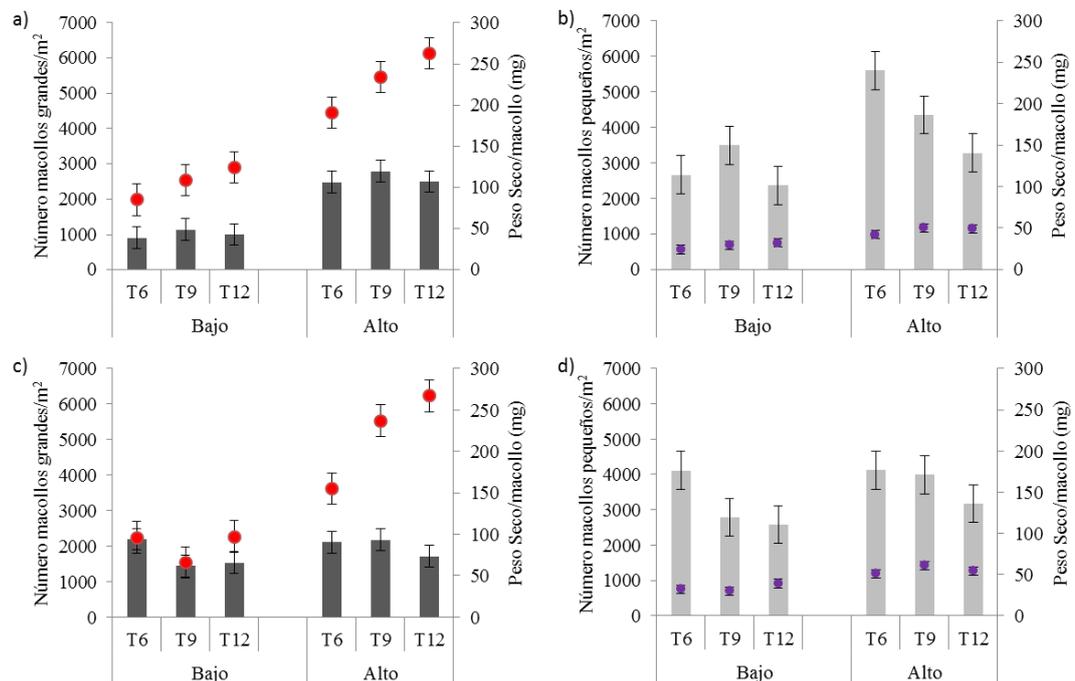


Figura 7. Efecto de la estación del año, altura de pastoreo y tipo de parche sobre el tamaño y densidad de a) Macollos grandes – Otoño; b) Macollos pequeños – Otoño; c) Macollos grandes – Primavera; d) Macollos pequeños – Primavera. T6- Altura remanente 6 puntos; T9- altura remanente 9 puntos; T12- altura remanente 12 puntos de plato (Rising Plate Meter®); Bajo- Parches bajos; Alto- Parches altos; Barras corresponden a medias de mínimos cuadrados generalizadas de número de macollos \pm error estándar; Puntos corresponden a medias de mínimos cuadrados generalizadas de peso/macollo \pm error estándar.

Macollos grandes respondieron a los cambios en la altura de pastoreo incrementando el peso/macollo principalmente en parches altos. En primavera las diferencias en peso/macollo fueron mayores que en otoño diferenciándose T6 de T9 y T12.

Macollos pequeños respondieron más en número que en peso/macollo a la altura de pastoreo, siendo las diferencias mayores en parches altos en otoño, donde T6 presentó mayor número de macollos pequeños que T12, y T9 presentó valores intermedios.

3.1.4. Efecto de la estructura horizontal y vertical de la pastura sobre la tasa de crecimiento, altura y forraje disponible

La estructura horizontal de la pastura dependió de la estación del año y de la altura de pastoreo. Esta última fue la principal determinante del porcentaje de parches altos y bajos en la parcela. Por otra parte, la estructura vertical estuvo determinada fundamentalmente por el tipo de parche de pastoreo.

La distribución horizontal y vertical de las plantas en la pastura determinó la tasa de crecimiento de la pastura y variaciones en la densidad, altura y cantidad de forraje disponible.

3.1.4.1. Tasa de crecimiento de la pastura

No se detectó efecto de la estación y del tratamiento de altura de pastoreo sobre las tasas de crecimiento de forraje estimadas (Figura 8).

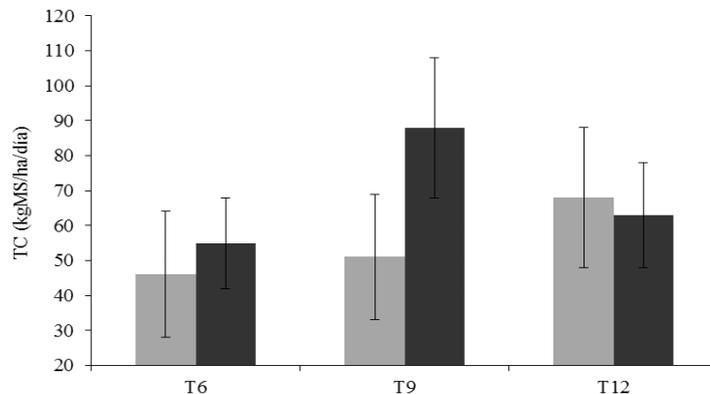


Figura 8. Tasa de crecimiento de forraje (kgMS/ha/día) según altura de pastoreo y estación del año; ■ Otoño; ■ Primavera; TC- Tasa de crecimiento de forraje; T6- Altura remanente 6 puntos; T9- altura remanente 9 puntos; T12- altura remanente 12 puntos de plato (Rising Plate Meter®). Las barras corresponden a las medias estimadas con sus respectivos errores estándar.

3.2. UTILIZACIÓN DE LA PASTURA

3.2.1. Dinámica de la pastura durante el pastoreo

El porcentaje de cada tipo de parche y la altura de pastoreo resultaron afectados por el día de pastoreo (Cuadro 13). La altura y el porcentaje de suelo descubierto se vieron afectados por el tipo de parche dentro de cada altura de pastoreo, no obstante la composición botánica no se vio afectada durante el transcurso del pastoreo (Cuadro 13).

Cuadro 13. Efecto de la altura de pastoreo, tipo de parche y día de pastoreo sobre el porcentaje de parches, altura de la pastura y evolución de la composición botánica y suelo descubierto.

<i>DINÁMICA DE LA PASTURA</i>	AP	Parche(AP)	Día	AP * Día	Día*Parche(AP)
Porcentaje de parches	<0,05	-	<0,05	ns	-
Altura	ns	< 0,05	< 0,05	ns	ns
Porcentaje de festuca	ns	ns	Ns	ns	ns
Porcentaje de trébol blanco	ns	ns	Ns	ns	ns
Porcentaje de suelo descubierto	ns	< 0,05	Ns	ns	ns

AP- altura de pastoreo; <0,05- indica efecto significativo por Tukey (P<0,05); ns- efecto no significativo.

3.2.1.1. Evolución del porcentaje de parches durante el pastoreo

La evolución del porcentaje de parches altos y bajos presentó efecto del día de pastoreo y de la altura de pastoreo (Cuadro 13). Con el transcurso de los días de pastoreo se redujo el porcentaje de parches altos un 75% e incrementaron los parches bajos (Figura 9). Dicha evolución resultó significativa hasta el quinto día de ocupación de la parcela (Figura 9).

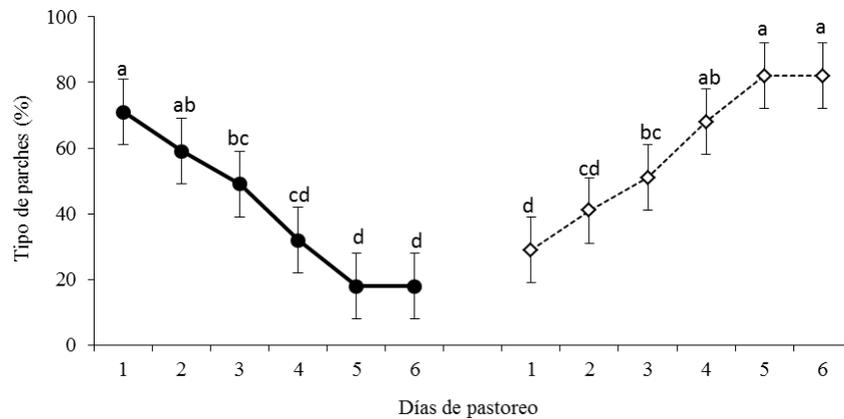


Figura 9. Evolución del porcentaje de parches durante los días de pastoreo. —●— Parches Altos; ---◇--- Parches Bajos; Valores corresponden a medias de mínimos cuadrados generalizadas y las barras indican error estándar; Letras diferentes indican diferencias significativas entre días de pastoreo para el porcentaje de parches ($P < 0,05$).

La tasa de reducción del porcentaje de parches altos fue del 20 % durante los tres primeros días de pastoreo, siendo del 35 y 45 % para el cuarto y quinto día de pastoreo respectivamente. Entre el día cinco y seis de pastoreo no existieron variaciones en el porcentaje de parches altos siendo en promedio un 20 % de los parches totales de la pastura.

3.2.1.2. Evolución de la altura, porcentaje de especies y suelo descubierto durante el pastoreo

La evolución de la altura de la pastura dependió de los días de pastoreo (Figura 10). La altura se redujo un 10% los primeros dos días de pastoreo, un 7% el tercer y cuarto día de pastoreo y un 3% el último día de pastoreo en promedio para todas las alturas de pastoreo evaluadas (Figura 10).

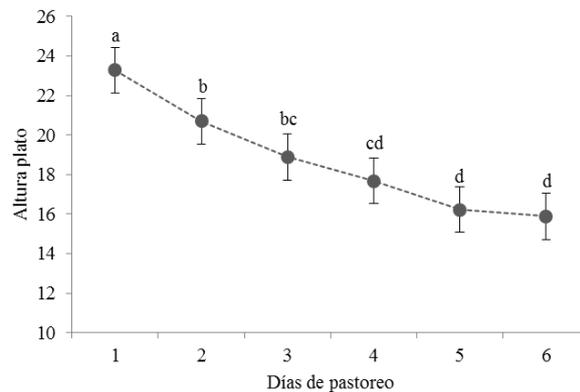


Figura 10. Efecto de los días de pastoreo sobre la altura de la parcela. Valores corresponden a medias de mínimos cuadrados generalizadas y las barras indican error estándar; Letras diferentes indican diferencias significativas entre días de pastoreo para la altura de plato ($P < 0,05$).

La altura de pastoreo y el tipo de parche no afectaron la evolución pero si la altura promedio, la cual fue menor en parches bajos vs. altos en todas las alturas de pastoreo. No obstante, parches bajos y altos presentaron similares alturas en todas las alturas de pastoreo evaluadas (Cuadro 14).

Cuadro 14. Efecto del tipo de parche dentro de cada altura de pastoreo sobre la altura de plato y el porcentaje de suelo descubierto (SD).

AP	Parche	Altura plato	SD (%)
T6	Bajo	13 ± 2 ce	9 ± 3 a
	Alto	20 ± 2 abd	1 ± 3 b
T9	Bajo	14 ± 2 be	8 ± 3 a
	Alto	22 ± 2 acd	1 ± 3 b
T12	Bajo	17 ± 2 de	3 ± 3 b
	Alto	27 ± 2 abc	0 ± 3 b

T6- Altura remanente 6 puntos; T9- altura remanente 9 puntos; T12- altura remanente 12 puntos de plato (Rising Plate Meter®); Valores corresponden a medias de mínimos cuadrados generalizadas durante los días de pastoreo en primavera ±

error estándar; Letras distintas en la columna indican diferencia significativa entre parches dentro de cada altura de pastoreo por Tukey ($P < 0,05$).

No se encontraron diferencias en la evolución del porcentaje de festuca, trébol blanco y suelo descubierto. El porcentaje de suelo descubierto durante los días de pastoreo en primavera, fue mayor en parches bajos vs. altos en T6 y T9, mientras que en T12 no hubieron diferencias (Cuadro 14).

3.2.2. Conducta de vacas lecheras en pastoreo

La probabilidad de pastoreo y el índice de selección de parches se vieron afectados por el tipo de parche dentro de cada altura de pastoreo (Cuadro 15). Se encontró efecto de la altura de pastoreo sobre el índice de selección. No se encontró efecto del turno de pastoreo sobre las variables de respuesta estudiadas.

Cuadro 15. Efecto de la altura de pastoreo, tipo de parche y turno de pastoreo sobre la probabilidad de pastoreo e índice de selección de parches.

<i>CONDUCTA EN PASTOREO</i>	AP	Parche(AP)	Turno
Probabilidad de Pastoreo	Ns	< 0,05	ns
Índice de Selección	< 0,05	< 0,05	ns

AP- altura de pastoreo; <0,05- indica efecto significativo por Tukey ($P < 0,05$); ns- efecto no significativo.

3.2.2.1. Probabilidad de pastoreo

La probabilidad de pastoreo ($0,59 \pm 0,02$) y otras actividades ($0,41 \pm 0,02$) no fue diferente entre alturas de pastoreo (Figura 11).

La interacción tipo de parche por altura de pastoreo determinó que en T12 se modificara la probabilidad de encontrar una vaca consumiendo parches altos ($0,43 \pm 0,02$) y bajos ($0,20 \pm 0,02$) mientras que en las demás alturas la probabilidad de pastorear parches altos y bajos resultó similar ($0,29 \pm 0,02$; Figura 11).

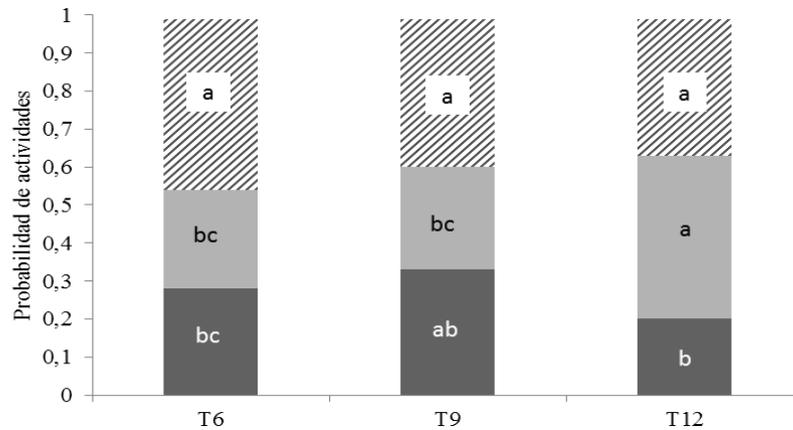


Figura 11. Efecto del tipo de parche dentro de cada altura de pastoreo sobre la probabilidad de pastoreo y otras actividades; ■ Probabilidad de pastoreo en parches altos; ■ Probabilidad de pastoreo en parches bajos; ▨ Probabilidad de otras actividades (rumia, descanso, camina); T6- Altura remanente 6 puntos; T9- altura remanente 9 puntos; T12- altura remanente 12 puntos de plato (Rising Plate Meter®); Valores corresponden a medias de mínimos cuadrados generalizadas; Letras diferentes indican diferencias significativas en la probabilidad de pastoreo de parches altos y bajos dentro de cada altura de pastoreo ($P < 0,05$); Letras distintas entre alturas de pastoreo en probabilidad de otras actividades indican diferencia significativa ($P < 0,05$).

3.2.2.2. Índice de selección por tipo de parches

El índice de selección por parches altos fue mayor a uno, por lo tanto vacas lecheras seleccionan a favor de parches altos en todas las alturas de pastoreo. No obstante, fue en T6 y T9 donde existieron diferencias significativas, siendo mayor el índice de selección por parches altos vs. bajos, mientras que en T12 las diferencias no resultaron significativas (Figura 12).

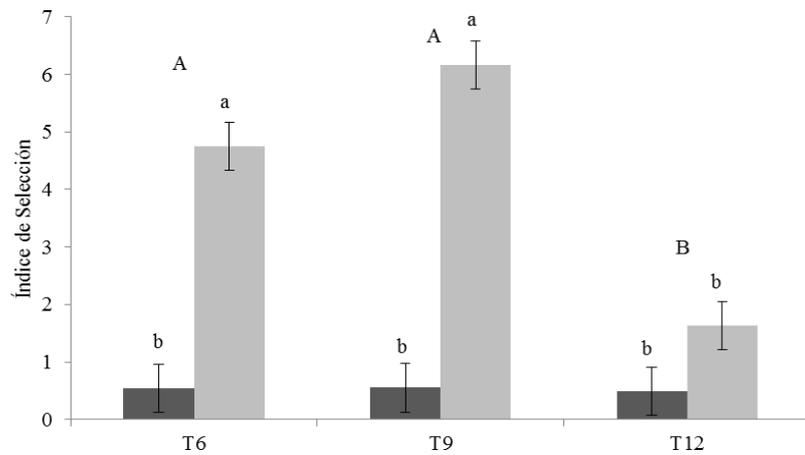


Figura 12. Índice de selección por tipo de parche de pastoreo (alto y bajo) según altura de pastoreo. ■ Parches Bajos; ■ Parches Altos; T6- Altura remanente 6 puntos; T9- altura remanente 9 puntos; T12- altura remanente 12 puntos de plato (Rising Palte Meter®); Valores corresponden a medias de mínimos cuadrados generalizadas y las barras indican error estándar; Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas en el índice de selección de parches altos y bajos dentro de cada altura de pastoreo. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas en el índice de selección entre alturas de pastoreo ($P < 0,05$).

4. DISCUSIÓN

4.1. EFECTO DE LA ALTURA DE PASTOREO Y ESTACIÓN DEL AÑO SOBRE LA PROPORCIÓN Y ESTRUCTURA DE PARCHES DE PASTOREO

A pesar de ser escasas las diferencias en altura y cantidad de forraje entre tratamientos de altura de pastoreo (Cuadro 3), estos últimos afectaron la proporción de parches altos y bajos en la pastura (Figura 4). Similares resultados fueron reportados por Cid *et al.* (2008) trabajando con un gradiente de carga animal (entre 3,6 y 6,6 animales/ha y pastoreo rotativo cada 14 días), quienes mostraron la generación de parches que difirieron en estructura de la vegetación y la tasa de crecimiento en todas las cargas analizadas. Mencionan además, incrementos en la proporción de parches bajos con incrementos en la carga animal. Similares resultados fueron encontrados en el presente trabajo donde reducciones en la altura de pastoreo incrementaron la proporción de parches bajos principalmente durante primavera (Figura 4). En dicha estación, conforme incrementó la altura de pastoreo el porcentaje de parches altos incrementó de forma lineal, mientras que en otoño únicamente T12 presentó mayor cantidad de parches altos en relación a las demás alturas de pastoreo.

El efecto de la estación del año sobre la proporción de parches altos y bajos en la pastura también resultó similar a lo reportado por Cid *et al.* (2008) quienes encontraron un mayor porcentaje de parches bajos durante Agosto (invierno) en relación a Diciembre (primavera tardía). Los menores porcentajes de parches bajos encontrados en el presente trabajo en otoño, podrían estar asociadas a diferencias estacionales en la arquitectura de las plantas. Como fue reportando en el Cuadro 3, en otoño se registró una menor altura y mayor cantidad de forraje que en primavera, lo cual sugiere que en dicha estación las pasturas son más densas y postradas. Mientras que en primavera, la mayor altura y menor cantidad de forraje estaría asociada a una arquitectura más erecta de la pastura propia del estado fenológico de

la festuca en dicho momento (elongación de entrenudos). Esto podría influir en parte, en el mayor porcentaje de parches altos durante primavera vs. otoño (Figura 4).

Esta mayor proporción de parches bajos en otoño en todos los tratamientos de altura de pastoreo en relación a primavera, estaría vinculado además, a las menores tasas de crecimiento de forraje registradas en dicha estación (55 ± 11 vs. 69 ± 11 kgMS/ha/día, otoño y primavera respectivamente). Estas diferencias en las tasas de crecimiento estacionales a pesar de no ser significativas, serían consecuencia de variaciones en la estructura horizontal y vertical de la pastura, y de diferentes condiciones ambientales y estados fenológicos durante ambos períodos.

Diferencias estacionales en la estructura de los parches se expresaron en la composición botánica y en la densidad de macollos. Las mayores diferencias en composición botánica de los parches se registraron en otoño. Parches bajos presentaron menor porcentaje de festuca y mayor porcentaje de trébol blanco que parches altos (Figura 5), similar a lo reportado por Cid y Brizuela (1998) quienes encontraron mayor cantidad de biomasa de leguminosas en parches severamente pastoreados, provocado por la menor competencia inter-específica encontrada en este tipo de estructuras. Sin embargo, como fue reportado por Cid *et al.* (2008) las diferencias entre parches altos y bajos en composición botánica son menores, y las mayores diferencias entre tipos de parches se expresan, en cantidad y calidad del forraje. En el presente trabajo, parches altos presentaron mayor altura que parches bajos en todos los tratamientos evaluados resultados similar a los reportados por Cid y Brizuela (1998). Estos autores mostraron además la existencia de diferencias estacionales en la altura de parches altos, no así en parches bajos, lo cual coincide con lo reportado aquí, donde la altura de parches bajos fue en promedio similar entre otoño y primavera (10cm), mientras que parches altos presentaron mayor altura en primavera vs. otoño (21 vs. 25cm respectivamente).

La densidad de macollos fue menor en parches bajos vs. altos en todas las alturas de pastoreo. En otoño, ocurrieron las mayores diferencias en número de macollos entre ambos tipos de parches. La menor altura de parches altos en otoño vs.

primavera, junto con el menor largo de los pseudotallos, estaría favoreciendo la calidad de la luz que alcanza la base de los macollos, incrementando la tasa de aparición de hojas y los sitios potenciales de macollaje (Lemaire y Agnusdei, 2000). Este mayor número de macollos pequeños encontrado en parches altos en otoño, podría estar asociado además a diferencias en el microambiente de los parches, donde la mayor altura de parches altos estaría provocando una mayor captación de recursos. Una mayor altura de parches altos vs. bajos, determina una mayor captación de radiación, y de agua y nutrientes debido a la mayor profundidad de raíces, lo cual estaría favoreciendo tanto el crecimiento como el macollaje. Este mejor desarrollo aéreo y radicular que se esperaría en parches altos, provocaría que una mayor proporción de macollos sobrevivan a la estación crítica del verano (Easton *et al.*, 1994), soportando la mayor cantidad de macollos encontrados en este tipo de estructuras en otoño.

Parches bajos incrementaron la densidad de macollos entre otoño y primavera, lo cual fue resultado principalmente, de un aumento del número de macollos grandes (Figura 6). El tamaño de macollos incrementa conforme avanza la estación de crecimiento (Zarroug *et al.*, 1983), estrechamente relacionado al estado fenológico de los macollos y a la dinámica de macollaje de la especie, donde la tasa de macollaje es mayor en otoño, mientras que los macollos son inducidos a la floración e incrementan su tamaño en primavera (Formoso, 2010). Bahmani *et al.* (2001) trabajando con raigrás perenne reportaron que el peso de los macollos fue superior en primavera con respecto a las demás estaciones soportando los dicho anteriormente.

Contrariamente, parches altos disminuyeron el número de macollos entre otoño y primavera debido a una disminución de ambos tipos de macollos (Figura 6). Esto se relacionó a una mayor muerte y menor nacimiento primaveral de macollos en este tipo de estructuras. La reducción en el número de macollos grandes en primavera, en parches altos, estaría provocada por el pasaje a estado reproductivo en dicha estación (Matthew *et al.*, 2000). Como consecuencia de este pasaje a estado reproductivo, muchos de los macollos elongados (macollos grandes) mueren por la remoción de los ápices por el pastoreo animal (Lemaire y Chapman, 1996). Por otra parte, la

inducción de la floración estaría ejerciendo un efecto inhibitorio del macollaje, así como también estaría provocando la muerte de macollos pequeños por competencia por recursos (Bahmani *et al.*, 2001). Además, la mayor altura de la pastura y de las vainas en los parches altos (Altura: 23 ± 1 vs. 10 ± 1 cm; Largo vainas: $10,8 \pm 0,6$ vs. $6,1 \pm 0,6$ cm para parches altos y bajos respectivamente) estaría determinando una menor incidencia de luz en la base de los macollos. Esta mayor altura provocaría una reducción de la relación rojo/rojo lejano (Gautier *et al.*, 1999) afectando la calidad de la luz que alcanza los nuevos macollos y provocando una reducida captación de carbono, comprometiendo la supervivencia de los macollos pequeños (Nelson, 2000).

En ambas estaciones y tipos de parches se encontró un mayor número de macollos pequeños que grandes (Cuadro 10) lo cual coincide con Nelson (2000) quien reportó que los canopeos de festuca tienen una alta proporción de macollos pequeños, y que esta proporción de macollos pequeños está relacionada con la alta tasa de macollaje de la especie. Sin embargo, en otoño fue donde se registró una diferencia entre parches, siendo mayor la relación macollos pequeños/grandes en los parches bajos. Esta mayor relación se explicó por un menor número de macollos grandes, lo que podría estar determinado por el pastoreo severo de parches bajos que provoca la movilización de las reservas de la planta hacia el rebrote de hojas en desmedro de la acumulación de reservas en la base del macollo y el incremento en tamaño del mismo (Matthew *et al.*, 2000). El menor tamaño de los macollos grandes durante otoño se relaciona además con el ciclo de vida de los mismos, mientras que en primavera ocurre el pasaje a estado reproductivo y el consecuente incremento de tamaño, durante otoño los macollos se encuentran en fase vegetativa (Matthew *et al.*, 2000).

No obstante, fue en parches bajos donde la densidad de macollos incrementó entre otoño y primavera, como fue expresado anteriormente. Otra posible explicación a estas diferencias podría estar relacionada al peso de ambos tipos de macollos. Las menores diferencias en peso entre macollos grandes y pequeños, en parches bajos estaría determinando una menor competencia intra-específica de los macollos y

provocando una mayor sobrevivencia de los mismos (Laca y Lemaire, 2000), lo cual justificaría el incremento poblacional en este tipo de parches. Mientras que, en parches altos, la mayor diferencia en tamaño de ambos tipos de macollos generaría que una mayor proporción de macollos grandes alcancen el estado reproductivo, incrementando la competencia entre ambos tipos de macollos en detrimento de los pequeños. Esto coincide con Nelson (2000) quien indicó que conforme transcurre la estación de crecimiento los macollos incrementan el peso, pero los macollos pequeños muchas veces se secan y son reemplazados.

4.2. EFECTO DE LA ALTURA DE PASTOREO SOBRE LA PLASTICIDAD FENOTÍPICA DE FESTUCA

La altura de pastoreo *per se* no afectó el tamaño y la densidad de macollos, sin embargo, cuando se expresó la altura a través de los parches de pastoreo, parches altos presentaron mayor número y tamaño de ambos tipos de macollos (grandes y pequeños). Por lo tanto, la mayor altura y cantidad de forraje presentes en este tipo de estructuras estuvo determinada por incrementos tanto en número como en peso de los macollos, no observándose una compensación entre tamaño y densidad de macollos en el rango de alturas remanentes evaluadas como ha sido reportado por Scheneiter y Assuero (2010).

A pesar de no ser significativas las diferencias en tamaño y densidad de macollos entre alturas de pastoreo, las tendencias encontradas (Figura 7) deberían ser analizadas como un ejemplo de las variaciones en la relación tamaño-densidad de macollos en festuca. Estos cambios podrían ayudar a explicar la persistencia de la especie bajo pastoreo y contribuir al desarrollo de trabajos futuros. Los cambios en tamaño y densidad de macollos dependieron del tamaño de los mismos, donde el número de macollos pequeños se redujo con incrementos en la altura de pastoreo entre T6 y T12, lo cual podría estar explicado por los cambios en calidad de la luz cuando incrementa la altura de forraje (Gautier *et al.*, 1999, Matthew *et al.*, 2000). Las plantas perciben estos cambios en calidad de la luz en su microambiente y responden limitando la emergencia de macollos desde las yemas axilares cuando las

pasturas son mantenidas a un alto IAF (Lemaire y Agnusdei, 2000). Además, la mayor presencia de macollos florecidos con incrementos en la altura de pastoreo se asociaría con una inhibición de la formación de nuevos macollos, mientras que, si estos macollos son decapitados como ocurre a menores alturas de pastoreo, se corta el efecto inhibitorio incrementando la formación de macollos hijos (Matthew *et al.*, 2000). Esta reducción en el número de macollos pequeños con incrementos en la altura de pastoreo, no se asoció con incrementos en el peso/macollo en alturas de pastoreo mayores lo cual no coincide con experimentos de largo plazo como los reportados por Deregibus *et al.* (1983) y Scheneiter y Assuero (2010).

Por otra parte, macollos grandes no mostraron variaciones en la densidad pero sí en el tamaño (peso/macollo). Se registró una tendencia al incremento del tamaño de este tipo de macollos frente a incrementos en la altura de pastoreo, lo cual podría estar estrechamente relacionado con una mayor cantidad de macollos que pasan a estado reproductivo en primavera cuando la altura de pastoreo fue mayor, similares resultados fueron reportados por Virkajärvi (2004) trabajando con pasturas de festuca entre 3 y 9 cm de altura de pastoreo. Una mayor altura de pastoreo durante primavera permitiría que un mayor número de macollos alcancen la floración, debido a la no remoción de sus ápices reproductivos por el pastoreo animal (Lemaire y Chapman, 1996).

4.3. EFECTO DE LA ALTURA DE PASTOREO, ESTACIÓN DEL AÑO Y ESTRUCTURA DE PARCHES DE PASTOREO SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA PASTURA

Las diferencias en tasa de crecimiento registradas fueron de escasa magnitud, existió una tendencia a que dependiera de la estación del año lo cual concuerda con lo reportado por Formoso (2010) y Cid *et al.* (2008) trabajando con pasturas de festuca. En otoño se registró una menor tasa de crecimiento con respecto a primavera (55 ± 11 vs. 69 ± 11 kgMS/ha/día, respectivamente), la cual estaría explicada principalmente por las condiciones ambientales y el estado fenológico de la especie.

Las condiciones hídricas en ambos períodos experimentales fueron similares, comenzando con el máximo de agua disponible en el suelo y transcurriendo bajo déficit hídrico, no obstante existió agua disponible en el suelo durante todo el período experimental (Figura 3). Las temperaturas promedio también fueron similares en ambas estaciones, 15 y 16 °C para otoño y primavera respectivamente, lo cual estaría explicando las escasas diferencias encontradas en ambas tasas de crecimiento.

En primavera la tasa de crecimiento de forraje fue un 25% superior a la de otoño, lo cual estaría estrechamente relacionado al mayor porcentaje de parches altos presente en primavera vs. otoño (40% superior). La mayor altura de parches altos, estaría determinando una mayor tasa de crecimiento promedio en la pastura. Como fue expresado por Parsons y Chapman (2000), el estado residual de la pastura o condición inicial del rebrote afectan la tasa de crecimiento de la pastura y cuando la altura es mayor (mayor IAF) la tasa de fotosíntesis neta es mayor y la máxima tasa de crecimiento promedio es alcanzada antes, lo cual contribuye a explicar las mayores tasas de crecimiento encontradas en primavera. En otoño sin embargo, la mayor proporción de parches bajos estarían determinando una menor altura promedio de la pastura (menor IAF), lo cual provocaría una menor producción bruta de forraje y mayor tiempo para alcanzar la máxima tasa de crecimiento promedio (Parsons y Chapman, 2000 - Figura 2). Cid *et al.* (2008) reportaron que independientemente de la carga animal, parches altos producen más por unidad de superficie que parches bajos lo cual soporta lo mencionado anteriormente.

En otoño se encontró una menor cobertura de las especies sembradas (festuca y trébol blanco) y un mayor porcentaje de suelo descubierto que en primavera, lo cual también podría estar explicando en parte tanto la menor tasa de crecimiento como el mayor porcentaje de parches bajos en dicha estación.

4.4. EFECTO DE LA ALTURA DE PASTOREO Y LA PROPORCIÓN Y ESTRUCTURA DE PARCHES DE PASTOREO SOBRE LA CONDUCTA DE VACAS LECHERAS

A pesar de que la altura de pastoreo no afectó la mayoría de los atributos de los parches, las vacas en T12 presentaron una mayor probabilidad de pastoreo sobre parches altos que en el resto de las alturas de pastoreo. Esto podría estar explicado por la mayor proporción de este tipo de estructuras en dicho tratamiento, donde la probabilidad de encontrar un parche alto vs. bajo es mayor. Como fue reportado por Utsumi *et al.* (2009), se observó un efecto lineal positivo del tamaño de parche sobre el consumo de MS, el número de bocados y el tiempo de permanencia por parche en pasturas de festuca. Esto podría explicar la mayor probabilidad de pastoreo en parches altos en T12, dada la mayor proporción de estas estructuras en la pastura.

No obstante, cuando se relacionó el porcentaje de parches seleccionados con el porcentaje de parches en la pastura, mediante el índice de selección, se observó que si bien en todas las alturas de pastoreo hubo una selección hacia los parches altos, fue en las alturas de pastoreo menores (T6 y T9) donde la selección fue mayor. Similares resultados fueron reportados por Hirata y Fukuyama (1997), quienes mostraron que los animales consumieron más en parches con mayor cantidad de forraje cuando la cantidad de forraje promedio de la pastura fue menor. Hirata (2002) trabajando con pasturas de *Paspalum notatum* reportó que los animales consumieron mayor cantidad de forraje de parches altos, con mayor cantidad de forraje, siendo esta tendencia mayor cuando la intensidad de pastoreo fue mayor, o cuando la altura remanente fue menor como ocurrió en este trabajo.

Las diferencias en el índice de selección por parches sugieren que vacas lecheras seleccionaron en base a la maximización de la tasa de consumo aquellas áreas con mayor altura y volumen de forraje al igual que lo reportado por otros autores (Hirata, 2002; Wallis De Vries y Daleboudt, 1994). La mayor altura y cantidad de láminas de los parches altos incrementaría la velocidad de ingestión a través de un incremento proporcional de la masa de bocado, ya que éste es el principal determinante de la

cantidad de forraje consumida por el animal (Wade *et al.*, 1989). Según Carvalho *et al.* (2008) la velocidad de ingestión es dos veces mayor cuando fueron comparadas pasturas megatérmicas de 32 versus 6 cm de altura.

Por otra parte, como fue reportado por Ogura *et al.* (2002), durante primavera las diferencias en valor nutritivo de parches altos y bajos son mínimas en relación al resto del año, y por lo tanto las ventajas comparativas en cuanto a la calidad de los parches bajos no estarían presentes en dicha estación (Wallis De Vries y Daleboudt, 1994). Esto podría ser otra posible explicación de por qué las vacas no seleccionaron a favor de este tipo de estructuras. Varios autores han reportado que los animales prefieren consumir repetidamente parches bajos, debido al mayor valor nutritivo que les confiere el rebrote y que rechazan aquellos parches altos, maduros y con mayor cantidad de material senescente (Cid y Brizuela, 1998; Wallis De Vries y Daleboudt, 1994), no obstante en este trabajo la selección ocurrió a favor de parches altos lo cual soporta lo expresado por Ogura *et al.* (2002) de que parches altos son ventajosos para los animales tanto en cantidad como en calidad de forraje durante primavera. Wallis De Vries y Daleboudt (1994) también reportaron patrones estacionales de digestibilidad con máximos en primavera y mínimos en invierno, los cuales responden a diferencias en la composición botánica y proporción de parches altos, bajos y florecidos encontradas entre estaciones del año.

Esta selección a favor de parches altos estaría indicando que el mayor largo de pseudotallos encontrado en este tipo de estructuras no estaría limitando el consumo de forraje, ni incrementando el costo de cosecha como ha sido reportado por varios autores (Carvalho *et al.*, 2001; Lemaire y Chapman, 1996; Dougherty *et al.*, 1992). El mayor largo de vainas encontrado en parches altos no estaría obstaculizando la formación del bocado, ni el tiempo de manipulación del mismo (Laca y Lemaire, 2000; Gibb *et al.*, 1999). Según Gibb *et al.* (1999) la altura de la pastura no afectó la masticación total, ni los movimientos mandibulares de rumia e ingestión, lo cual soporta lo expresando anteriormente de que la selección por parches altos, no incrementaría el costo asociado a la masticación de estructuras de soporte (pseudotallos). A pesar de este mayor largo de pseudotallos en parches altos, la

relación lámina/vaina fue similar en ambos tipos de parches, lo cual indicó una mayor presencia de láminas en parches altos. Esto estaría explicando la preferencia por este tipo de estructuras, dado el beneficio que un mayor volumen de láminas provoca en el consumo diario a través del incremento del tamaño de bocado. Según O'Reagain y Schwartz (1995) los animales responden a la selección de hojas en relación a tallos y a partes verdes en relación a material senescente, seleccionando además las hojas más accesibles que le ofrecen un mayor tamaño de bocado o tasa de consumo como ocurrió en el presente trabajo.

En la misma línea, en el presente trabajo se encontró una mayor relación verde/seco en parches altos, lo cual estaría explicando en parte la selección animal por este tipo de estructuras como fue reportado por Gregorini *et al.* (2006) y O'Reagain y Schwartz (1995). Esta mayor relación verde/seco encontrada en primavera en parches altos tiene estrecha relación con la estación en la cual fueron formados los macollos y la morfogénesis de las plantas. Como fue expresado por Lemaire y Agnusdei (2000), el flujo de tejido foliar sigue exactamente las variaciones estacionales de temperatura, mientras que la proporción de tejido que muere cada día corresponde al tejido de hoja formado un largo de vida de hoja antes, por lo tanto durante primavera, período donde las temperaturas van en aumento, se obtiene un balance positivo entre crecimiento y senescencia. La longitud final de la hoja aumenta con incrementos en la temperatura durante primavera (Lemaire y Agnusdei, 2000), lo cual explicaría en parte la mayor relación verde/seco encontrada en dicha estación. A su vez, esta mayor relación verde/seco encontrada en parches altos vs. bajos estaría determinando mejoras en la calidad de este tipo de estructuras, lo cual soporta lo expresado anteriormente. Hirata (2002) y Ogura *et al.* (2002), reportaron una tendencia a incrementar el valor nutritivo con incrementos en la cantidad de forraje de primavera, lo cual podría estar ocurriendo en parches altos en el presente trabajo y favoreciendo la selección por dichas estructuras.

La mayor selección animal por parches altos en todas las alturas de pastoreo se relacionó con lo observado en la dinámica de evolución de la altura durante el pastoreo. La reducción en la altura de pastoreo y la disminución del porcentaje de

parches altos durante los días de pastoreo no resultó afectada por el tratamiento de altura de pastoreo. Ogura *et al.* (2002) reportaron que en todas las estaciones evaluadas la cantidad de forraje disminuye con el pastoreo progresivo, existiendo una correlación entre la cantidad de forraje presente y la tasa de defoliación en cada parche. La tasa de desaparición de la altura durante el pastoreo, se redujo con el transcurso de los días, lo cual coincide con Wade *et al.* (1989) quienes reportaron que vacas lecheras remueven una constante proporción de la lámina, ajustando la profundidad de bocado a la longitud media de la lámina en la pastura. Sin embargo, estos autores reportan una remoción constante del 50% de la lámina, mientras que en el presente trabajo se encontró una reducción diaria de aproximadamente el 20% de lámina.

4.5. CONSIDERACIONES FINALES

No obstante las diferencias en la estructura vertical y en la proporción de parches entre alturas de pastoreo, los animales fueron capaces de modificar su estrategia de pastoreo a favor de la selección por parches altos. Los animales maximizarían la tasa de consumo, mediante la selección de aquellas estructuras con mayor altura, número y peso de macollos y mayor largo de láminas. El análisis de la altura de pastoreo, debería considerar la heterogeneidad generada por el pastoreo animal dentro de cada altura promedio, ya que tanto la estructura vertical y horizontal, como el comportamiento animal, dependieron en mayor medida del tipo de parche. Esto soporta reportes previos de Hirata (2002) quien expresó que características de la vegetación como la altura del forraje, la cantidad de forraje y la composición botánica no deberían describirse como promedios, ya que estos no reflejan la realidad a la cual se enfrentan los animales y proveen limitada información de lo que ocurre en la interface pastura-animal.

Los resultados encontrados en el presente trabajo demuestran que es posible identificar visualmente parches de pastoreo, ya que el análisis objetivo posterior permitió clasificar estas estructuras como funcionalmente diferentes. La mayoría de las variables analizadas en el trabajo fueron diferentes entre parches altos vs. bajos,

por lo tanto la clasificación visual es una herramienta de trabajo posible de utilizar en trabajos futuros para describir la estructura horizontal y vertical de festuca. Por otra parte, estas estructuras diferentes son reconocidas y seleccionadas de forma diferente por los animales, con lo cual podría hipotetizarse que sería posible describir la heterogeneidad de la pastura a través de los parches de pastoreo, los cual serían un descriptor más acercado de la realidad a la que el animal se enfrenta que la altura promedio de la pastura. Sumado a esto, se pudo concluir que el efecto del tratamiento de altura de pastoreo fue mucho menor que el efecto del tipo de parche, tanto en la estructura de la pastura como en el comportamiento animal, respaldando dicha hipótesis.

Trabajos futuros deberían considerar el estado reproductivo de los macollos, ya que la floración tiene consecuencias directas negativas sobre la formación de nuevos macollos y sobre la persistencia de la pastura. La formación de tallos reproductivos juega un importante rol en la inducción de las yemas axilares y por lo tanto en la densidad poblacional de macollos que alcanza el verano (Matthew *et al.*, 2000), estación crítica que condicionaría la persistencia de la festuca (Easton *et al.*, 1994).

5. CONCLUSIONES

Vacas lecheras bajo pastoreo generan parches altos y bajos en la vegetación en todas las alturas de pastoreo evaluadas, los cuales difirieron en estructura vertical y horizontal. Estas diferencias en estructura dependieron de la estación del año y del tipo de parche, mientras que la altura de pastoreo no afectó la mayoría de los atributos de los parches evaluados.

La plasticidad fenotípica de festuca frente a cambios en la altura de pastoreo se expresó de manera diferente en función del tamaño de macollo. Macollos pequeños expresaron la plasticidad en la densidad poblacional de los mismos, mientras que los macollos grandes variaron su peso pero no su densidad frente a cambios en la altura de pastoreo.

Solo se expresaron variaciones en la altura y en el porcentaje de parches durante los días de pastoreo en primavera, y estas variaciones dependieron del tipo de parche. No obstante en el corto plazo (días de pastoreo), la composición botánica no se vio afectada ni por la altura de pastoreo ni por el tipo de parche.

El índice de selección por parches altos fue mayor en alturas de pastoreo menores, lo cual sugiere que vacas lecheras sobre pasturas de festuca y trébol blanco seleccionarían en base a la maximización de la tasa de consumo de forraje durante primavera, y que las características estructurales y de calidad de los parches altos no son limitantes para el consumo animal.

Más trabajos son necesarios para evaluar el efecto del tipo de parche y la altura de pastoreo sobre la conducta animal en otros momentos del año, debido al fuerte efecto que presentó la estación del año sobre la estructura de la pastura.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Adler PB, Raff DA, Lauenroth WK. 2001. The effect of grazing on spatial heterogeneity of vegetation. *Oecologia* 128: 465-479.
- Agnusdei MG, Assuero SG, Fernández Grecco RC, Cordero JJ, Burghi VH. 2007. Influence of sward condition on leaf tissue turnover in tall fescue and tall wheatgrass swards under continuous grazing. *Grass and Forage Science* 62: 55-65.
- Altamirano A, Da Silva H, Durán A, Echevarría A, Panario D, Puentes R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. Instituto Geográfico Militar. Montevideo, Uruguay. 96 p.
- Arosteguy JC. 1982. The dynamics of herbage production and utilization in swards grazed by cattle and sheep. Tesis PhD Edinburgh, Scotland. University of Edinburgh. 268 p.
- Bahmani I, Thom ER, Matthew C, Lemaire G. 2001. Productivity of grazed perennial ryegrass dairy pastures from different ecotypes under nitrogen and irrigation treatments. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 44: 123-133.
- Bailey D, Gross J, Laca E, Rittenhouse L, Coughenour M, Swift D, Sims P. 1996. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *Journal of Range Management* 49: 386-400.
- Birchman JS, 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* 38: 323-331.
- Bradshaw AD. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advances in Genetics* 13: 115-155.

- Briske DD. 1996. Strategies of plant survival in grazed systems: a functional interpretation. En: Hodgson J, Illius AW. (Eds.). The Ecology and Management of Grazing Systems. Wallingford: CAB International. 37-67.
- Carvalho PCF, Gonda HL, Wade MH, Mezzalira JC, Amaral MF, Gonçalves EN, Santos DT, Nadin L, Poli CHEC. 2008. Características estruturais do pasto e o consumo de forragem: o que pastar, quanto pastar e como se mover para encontrar o pasto. En: Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem 4, Simposio Internacional sobre produção animal em pastejo (2º, 2008, Viçosa, Brasil). Anais, Vicoso, UFV 2008. pp 101-130.
- Carvalho PCF, Ribeiro Filho HMN, Poli CHEC, De Moraes A, Delagarde R. 2001. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. Em: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia (38º, 2001, Piracicaba, Brasil). Anais, Piracicaba, Brasil. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. pp 853-871.
- Chapman DF, Kenny SN, Beca D, Johnson IR. 2008a. Pasture and forage crop systems for non-irrigated dairy farms in Southern Australia. 1. Physical production and economic performance. *Agricultural Systems* 97: 108-125.
- Chapman DF, Kenny SN, Beca D, Johnson IR. 2008b. Pasture and forage crop systems for non-irrigated dairy farms in Southern Australia. 2. Inter-annual variation in forage supply, and business risk. *Agricultural Systems* 97: 126-138.
- Chapman DF, Parsons AJ, Cosgrove GP, Barker DJ, Marotti DM, Venning KJ, Rutter SM, Hill J, Thompson AN. 2007. Impacts of spatial patterns in pasture on animal grazing behavior, intake and performance. *Crop Science* 47: 399-415.

- Chapman DF, Lemaire G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: International Grassland Congress (17^o, 1993, Palmerston North, New Zeland). Proceedings. pp. 95-104.
- Cid MS, Ferri CM, Brizuela MA, Sala O. 2008. Structural heterogeneity and productivity of a tall fescue pasture grazed rotationally by cattle at four stocking densities. *Grassland Science* 54: 9-16.
- Cid MS, Brizuela MA. 1998. Heterogeneity in tall fescue pastures created and sustained by cattle grazing. *Journal of Range Management* 51(6): 644-649.
- Coates DB, Penning P. 2000. Measuring Animal Performance. En: Marnette L, Jones RM. (Eds.). *Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research*. Wallingford: CAB International. pp. 353-402.
- Davies A. 1988. The regrowth of grass sward. En: Jones MB, Lazenby A. (Eds.). *The grass Crop*. Chapman & Hall, London. pp. 85-127.
- Davies A, Evans ME, Exley JK. 1983. Regrowth of perennial ryegrass as affected by simulated leaf sheaths. *Journal of Agriculture Science* 101: 131-137.
- Deregibus VA, Sanchez RA, Casal JJ. 1983. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* sp. *Plant Physiology* 72: 900-912.
- Dougherty TC, Bradley LM, Arias JE, Cornelius PL. 1992. Allowance-intake relations of cattle grazing vegetative tall fescue. *Grass and Forage Science* 47: 211-219.
- Dumont B, Garel JP, Ginane C, Decuq F, Farrugia A, Pradel P, Rigolt C, Petit M. 2007. Effect of cattle grazing a species-rich mountain pasture under different stocking rates on the dynamics of diet selection and sward structure. *Animal* 1: 1042-1052.
- Easton HS, Lee CK, Fitzgerald RD. 1994. Tall fescue in Australia and New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 37: 405-417.

- Forbes TDA. 1988. Researching the plant-animal interface. The investigation of ingestive behaviour in grazing animals. *Journal of Animal Science* 66: 2369-2379.
- Formoso F. 2010. *Festuca arundinacea*, manejo para producción de forraje y semillas. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria INIA-Uruguay. Serie Técnica N° 182. 192p.
- García S, Fariña S. 2010. ¿Hasta dónde intensificar en sistemas “extensivos” de producción de leche? Parte 1. Manejo de pasturas y suplementación. XXXVIII Jornadas Uruguayas de Buiatría. pp. 52-56.
- Gastal F, Nelson CJ, Coutts JM. 1992. Role of N on leaf growth of grasses: assessment of root signal hypothesis. In: Proceedings of the Annual Meeting of the American Society of Agronomy, Minneapolis, USA. American Society of Agronomy 12: 216-271.
- Gautier H, Varlet-Grancher C, Hazard L. 1999. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. *Annals of Botany* 83: 423-429.
- Gibb MJ, Huckle CA, Nuthall R, Rook AJ. 1999. The effect of physiological state (lactating or dry) and sward surface height on grazing behaviour and intake by dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 63: 269-287.
- Gibb MJ. 1998. Animal grazing intake terminology and definitions. Pasture ecology and animal intake. In: Proc. Work-shop on Pasture Ecology and Animal Intake. September 1996. M.G. Keane and E.G. Q'Riordan eds. Occasional Publ. N° 3. Concerted Action. AIR-CT93-0947, Dublin, Ireland. pp. 21-37.
- Gordon IJ, Benvenuti M. 2006. Food in 3D: How ruminant livestock interact with sown sward architecture at the bite scale. In: Bels, V. (Ed.). Feeding in

domestic vertebrates: from structure to behaviour. CAB International. pp. 263-277.

Gregorini P, Gunter SA, Bowman MT, Caldwell JD, Masino CA, Coblenz WK, Beck PA. 2011. Effect of herbage depletion on short-term foraging dynamics and diet quality of steers grazing wheat pastures. *Journal of Animal Science*. published online June 3, 2011.

Gregorini P, Tamminga S, Gunter SA. 2006. Review: Behavior and Daily Grazing Patterns of Cattle. *The Professional Animal Scientist* 22: 201-209.

Haydock KP, Shaw NH. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 15: 663–670.

Hirata M. 2002. Herbage availability and utilization in small-scale patches in a Bahia grass (*Paspalum notatum*) pasture under cattle grazing. *Tropical Grasslands* 36: 13-23.

Hirata M, Fukuyama K. 1997. Dynamics of the horizontal distribution of herbage mass in a bahiagrass (*Paspalum notatum* Flüggé) pasture with grazing by cattle. *Grassland Science* 43: 1–6.

Hodgson J. 1979. Nomenclature and definitions in grazing studies. *Grass Forage Science* 34: 11-18.

Kavanová M, Lattanzi FA, Schnyder H. 2008. Nitrogen deficiency inhibits leaf blade growth in *Lolium perenne* by increasing cell cycle duration and decreasing mitotic and postmitotic growth rates. *Plant, Cell and Environment* 31: 727-737.

Kemp PD, Tavakoli H, Hodgson J. 2001. Physiological and morphological responses of tall fescue and perennial ryegrass to leaf defoliation. In: Proc. 10th Australian Agronomy Conference (29 January–1 February, Hobart,

Tasmania). Australian Society of Agronomy, Hobart, Tasmania.
<http://www.regional.org.au/au/asa/2001/2/d/kemp.htm>.

King JR, Scott JM, Boschma SP. 1997. Forage persistence under extremes of cold and drought. *Forage and Grassland Management* 22: 403-410.

Kondo S. 2011. Recent progress in the study of behavior and management in grazing cattle. *Animal Science Journal* 82(1): 26-35.

Kristensen ES. 1988. Influence of defoliation regime on herbage production and characteristics of intake by dairy cows as affected by grazing intensity. *Grass and Forage Science* 43: 239-251.

Laca EA. 2009. New approaches and tools for grazing management. *Rangeland Ecology Management* 62: 407-417.

Laca EA. 2000. Modelling spatial aspects of plant-animal interactions. In: Lemaire, G.; Hodgson, J.; de Moraes, A.; Carvalho, P.C. de F.; Nabinger, C. (Eds.) *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. (2000. Wallingford, UK). CABI Publishing. pp. 209-231.

Laca EA, Lemaire G. 2000. Measurement sward structure. In: M'annetje, L. and Jones, R.M. eds. *Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research*. CAB International. Wallingford. pp. 103-121.

Lattanzi FA, Schnyder H, Thornton B. 2005. The sources of carbon and nitrogen supplying leaf growth - assessment of the role of stores with compartmental models. *Plant Physiology* 137: 383-395.

Lee JM, Donaghy DJ, Roche JR. 2008. Short communication: Effect of postgrazing residual pasture height on milk production. *Journal of Dairy Science* 91: 4307-4311.

- Lemaire G, Agnusdei M. 2000. 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.
- Lemaire G, Chapman DF. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. In: Hodgson, J. and Illius, A.W. (Eds). The Ecology and Management of Grazing Systems. CAB International, Wallingford, pp. 3-36.
- Lemaire G, Culleton N. 1989. Effects of nitrogen applied after de last cut in autumn on a tall fescue sward. 2. Uptake and recycling of nitrogen in the sward during winter. Agronomie 9: 241-249.
- L'Huillier PJ. 1987. Tiller appearance and death of *Lolium perenne* in mixed swards grazed by dairy cattle at two stocking rates. New Zeland Journal of Agricultural Research 30:15-22.
- Mannetje L'T, Haydock KP. 1963. The dry-weight-rank method for the botanical analysis of pasture. Journal of the British Grassland Society 18: 268-275.
- Matthew C, Assuero SG, Blak CK, Sackville Hamilton NR. 2000. Tiller dynamics of grazed swards. In: Lemaire, G.; Hodgson, J.; de Moraes, A.; Carvalho, P.C. de F.; Nabinger, C. (Eds.) Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. (2000. Wallingsford, UK). CABI Publishing. pp. 127-150.
- Mattiauda D, Chilbroste P, Bentancur O, Soca P. 2009. Intensidad de pastoreo y utilización de pasturas perennes en sistemas de producción de leche: ¿Qué niveles de producción permite y que problemas contribuye a solucionar?. XXXVII Jornadas Uruguayas de Buiatría. pp. 96-103.
- Mazzanti A, Lemaire G, Gastal F. 1994. The effect of nitrogen fertilization upon the herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. 1 – Herbage growth dynamics. Grass and Forage Science 49: 111-120.

- Mazzanti A, Lemaire G. 1994. Effect of nitrogen fertilization on herbage production of tall fescue continuously grazed by sheep. 2 – Consumption and herbage efficiency utilization. *Grass and Forage Science* 49: 352-359.
- McGilloway DA, Cushnahan A Laidlaw AS, Mayne CS, Kilpatrick DJ. 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* 54: 116-126.
- Nelson CJ. 2000. Shoot morphological plasticity of grasses: Leaf growth vs. tillering. In: Lemaire, G.; Hodgson, J.; de Moraes, A.; Carvalho, P.C. de F.; Nabinger, C. (Eds.) *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. (2000. Wallingsford, UK). CABI Publishing. pp. 101-126.
- Novellie PA. 1978. Comparison of the foraging strategies of blesbok and springbok on the Transvaal highveld. *South African Journal of Wildland Research* 8: 137-144.
- Ogura S, Hasegawa H, Hirata M. 2002. Effects of herbage mass and herbage quality on spatially heterogeneous grazing by cattle in a Bahia grass (*Paspalum notatum*) pasture. *Tropical Grasslands* 36: 172-179.
- O'Regain PJ, Schwartz J. 1995. Dietary selection and foraging strategies of animals on rangeland. Coping with spatial and temporal variability. In: Journet, M.; Grenet, E.; Farce, M.H.; Theriez, M.; Demarquilly, C. (Eds.) *Recent developments in the nutrition of herbivores - Proceedings of the 4th International Symposium on the nutrition of herbivores*. Clermont, Ferrand. pp. 419-424.
- Parsons AJ, Schwinning S, Carrère P. 2001. Plant growth functions and possible spatial and temporal scaling errors in models of herbivory. *Grass and Forage Science* 56(1): 21-34.

- Parsons AJ, Chapman DF. 2000. Grass; its production and utilization. 3th. ed. Devon, UK, Institute of Grassland and Environmental Research. cap. 3, pp. 31-89.
- Ring CB, Nicholson RA, Launchbaugh JL. 1985. Vegetational traits of patch-grazed rangelands in west central Kansas. *Journal of Range Management* 38: 51-55.
- Rutter SM, Orr RJ, Yarrow NH. 2004. Dietary preference of dairy heifers grazing ryegrass and white clover, with and without an anti-bloat treatment. *Applied Animal Behaviour Science* 85: 1-10.
- SAS. 2001. Institute Inc., SAS/STAT. User's guide, Versión 8.1, Carey, North. Caroline, U.S.A.
- Schiller JMA, Lazenby A. 1975. Yield performance of tall fescue (*Festuca arundinacea*) populations on the Northern Tablelands of New South Wales. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 15: 391-399.
- Scheneiter J, Assuero S. 2010. Tiller population density and productivity in tall fescue and prairie grass swards. *Ciencia e Investigación Agraria* 37(2): 35-44.
- Soca P, Faber A, Do Carmo M, Chilibroste P. 2009. Productividad en pasturas perennes para producción de leche sometidas a cambios en intensidad de pastoreo. 32° Congreso Argentino de Producción Animal. Malargüe-Argentina. *Revista Argentina de Producción Animal* 29(1): 604-605.
- Stuth J. 1991. Foraging behavior. In: Heitschmidt, R. y Stuth, J. *Grazing management: An ecological perspective*. Oregon: Timber Press. pp. 85-108.
- Tavakoli H, Hodgson J, Kemp PD. 1993. Response to defoliation of tall fescue. *Proceedings of the XVII International Grassland Congress*. pp. 155-156.

- Thornthwaite CW, Mather JR. 1955. The water balance. Centerton, N. J. Laboratory of Climatology. 104 p.
- Utsumi SA, Cangiano CA, Galli JR, McEachern MB, Demment MW, Laca EA. 2009. Resource heterogeneity and foraging behavior of cattle across spatial scales. *BMC Ecology* 9:9.
- Virkajärvi P. 2004. Growth and utilization of timothy – meadow fescue pastures. University of Helsinki, Dept of Applied Biology. Section of Crop Husbandry, publication no. 19. ISSN 1457-8085. 56 p.
- Virkajärvi P, Sairanen A, Nousiainen JI, 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.
- Volenc JJ, Ourry A, Joern BC. 1996. A role for nitrogen reserves in forage regrowth and stress tolerance. *Physiol Plant* 97: 185-193.
- Wade MH, Carvalho PCF. 2000. Defoliation patterns and herbage intake on pastures. In: Lemaire, G.; Hodgson, J.; de Moraes, A.; Carvalho, P.C. de F.; Nabinger, C. (Eds.) *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. (2000. Wallingsford, UK). CABI Publishing. pp. 233-248.
- Wade MH. 1991. Factors affecting the availability of vegetative *Lolium perenne* to grazing dairy cows with special reference to sward characteristics, stocking rate and grazing method. Thèse de Doctorat, Université de Rennes. 53 p.
- Wade MH, Peyraud JL, Lemaire G, Cameron EA. 1989. The dynamics of daily area and depth of grazing and herbage intake of cows in a five day paddock system. In: *Proceeding of the 16th International Grassland Congress*, Nice, France. AFPF, Versailles, France. pp. 1111-1112.

- Wildman EE, Jones GM, Wagner PE, Boman RL, Troutt HF, Lesch TN. 1982. A Dairy Cow Body Condition Scoring System and Its Relationship to Selected Production Characteristics. *Journal Dairy Science* 65(3): 495-501.
- Wallis De Vries MF, Laca EA, Demmant MW. 1999. The importance of scale of patchiness for selectivity in grazing herbivores. *Oecologia* 121: 355-363.
- Wallis De Vries MF, Daleboudt C. 1994. Foraging strategy of cattle in patchy grassland. *Oecologia* 100(1): 98-106.
- Zarrought KM, Nelson CJ, Coutts JH. 1983. Relationship between tillering and forage yield of tall fescue. II. Pattern of tillering. *Crop Science* 23: 358-342.

7. ANEXOS

Anexo 1. Efecto de la estación del año, altura de pastoreo y tipo de parche sobre la altura, porcentaje de especies productivas y restos secos

Estación	AP	Parche	Altura	Festuca (%)	TB (%)	RS (%)
Otoño	T6	Bajo	9 ± 1 b	27 ± 5 b	47 ± 6 a	26 ± 4 b
		Alto	21 ± 1 a	48 ± 5 a	7 ± 6 b	41 ± 4 a
	T9	Bajo	10 ± 1 b	40 ± 5 a	28 ± 6 a	33 ± 4 b
		Alto	19 ± 1 a	50 ± 5 a	6 ± 6 b	43 ± 4 a
	T12	Bajo	11 ± 1 b	35 ± 5 b	35 ± 6 a	28 ± 4 b
		Alto	22 ± 1 a	50 ± 5 a	7 ± 6 b	42 ± 4 a
Primavera	T6	Bajo	9 ± 1 b	44 ± 5 a	19 ± 6 a	33 ± 4 a
		Alto	22 ± 1 a	47 ± 5 a	20 ± 6 a	37 ± 4 a
	T9	Bajo	10 ± 1 b	32 ± 5 b	32 ± 6 a	35 ± 4 a
		Alto	27 ± 1 a	50 ± 5 a	24 ± 6 a	26 ± 4 a
	T12	Bajo	12 ± 1 b	38 ± 5 a	32 ± 6 a	30 ± 4 a
		Alto	26 ± 1 a	40 ± 5 a	31 ± 6 a	29 ± 4 a

AP- altura de pastoreo; T6- Altura remanente 6 puntos; T9- altura remanente 9 puntos; T12- altura remanente 12 puntos de plato (Rising Plate Meter®); Valores corresponden a medias de mínimos cuadrados generalizadas ± error estándar; Letras distintas en la columna indican diferencia significativa entre parches dentro de cada altura de pastoreo y estación del año por Tukey (P<0,05).

Anexo 2. Efecto de la estación del año, altura de pastoreo y tipo de parche sobre el largo de vainas y relación lámina/vaina de macollos pequeños y grandes.

Estación	AP	Parche	Lg. Vainas MP	Rel. L/V MP	Lg. Vainas MG	Rel.L/V MG
Otoño	T6	Bajo	3,3 ± 0,6	1,6 ± 0,2 a	4,6 ± 0,8 b	1,7 ± 0,4
		Alto	4,6 ± 0,6	1,5 ± 0,2 a	7,3 ± 0,8 a	1,2 ± 0,4
	T9	Bajo	3,3 ± 0,6	1,6 ± 0,2 a	4,8 ± 0,8 b	1,3 ± 0,4
		Alto	4,4 ± 0,6	1,3 ± 0,2 a	7,1 ± 0,8 a	1,3 ± 0,4
	T12	Bajo	3,4 ± 0,6	1,7 ± 0,2 a	4,6 ± 0,8 a	1,7 ± 0,4
		Alto	4,5 ± 0,6	1,5 ± 0,2 a	6,6 ± 0,8 a	1,3 ± 0,4
Primavera	T6	Bajo	4,8 ± 0,6	1,4 ± 0,2 a	7,5 ± 0,8 b	0,8 ± 0,4
		Alto	7,4 ± 0,6	1,7 ± 0,2 a	12,2 ± 0,8 a	0,8 ± 0,4
	T9	Bajo	4,0 ± 0,6	1,5 ± 0,2 b	6,5 ± 0,8 b	0,8 ± 0,4
		Alto	7,4 ± 0,6	1,9 ± 0,2 a	16,0 ± 0,8 a	0,6 ± 0,4
	T12	Bajo	5,6 ± 0,6	1,6 ± 0,2 a	8,1 ± 0,8 b	1,8 ± 0,4
		Alto	7,4 ± 0,6	1,8 ± 0,2 a	15,5 ± 0,8 a	1,0 ± 0,4

AP- altura de pastoreo; T6- Altura remanente 6 puntos; T9- altura remanente 9 puntos; T12- altura remanente 12 puntos de plato (Rising Palte Meter®); Lg. Vainas MP- Largo de vainas de macollos pequeños; Rel. L/V MP- Relación lámina/vaina de macollos pequeños en peso seco; Lg. Vainas MG- Largo de vainas de macollos grandes; Rel. L/V MG- Relación lámina/vaina de macollos grandes en peso seco; Valores corresponden a medias de mínimos cuadrados generalizadas ± error estándar; Letras distintas en la columna indican diferencia significativa entre parches dentro de cada altura de pastoreo por Tukey (P<0,05).