

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**CONDUCTA Y CONSUMO DE VACAS LECHERAS EN
PASTURAS MIXTAS CON *Festuca arundinacea* BAJO
DIFERENTES INTENSIDADES DE PASTOREO**

por

Carolina CARBALLO DOUTON

TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Magíster en Ciencias Agrarias
Opción Ciencias Animales

**MONTEVIDEO
URUGUAY
Diciembre 2014**

Tesis aprobada por el tribunal integrado por Ing.Agr. (M.Sc.) Pablo Soca, Ing.Agr. (Ph.D.) Virginia Beretta, e Ing.Agr. (Ph.D.) Andrea Ruggia, el 18 de diciembre de 2014. Autora: Ing.Agr. Carolina Carballo, Director Ing.Agr. (M.Sc.) Diego Mattiauda, Co-director Ing.Agr. (Ph.D.) Pablo Chilibroste.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
RESUMEN.....	V
SUMMARY.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. EL ESTUDIO DE LA RELACIÓN PLANTA ANIMAL	1
1.2. EL CONSUMO DE FORRAJE EN PASTOREO	3
1.3. LAS PASTURAS BAJO PASTOREO	7
1.4. RESPUESTAS EN CONDUCTA Y PRODUCCIÓN FRENTE A CAMBIOS EN LA PASTURA	13
1.5. SELECCIÓN DE LA DIETA	16
1.6. HIPÓTESIS DE TRABAJO	19
2. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	20
2.1. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	20
2.2. ANIMALES	21
2.3. MANEJO DE LA PASTURA	21
2.4. DETERMINACIONES	21
2.4.1. <u>Altura de la pastura</u>	21
2.4.2. <u>Composición botánica y proporción de lámina y vaina de la Festuca</u>	22
2.4.3. <u>Conducta en pastoreo</u>	22
2.4.4. <u>Consumo de materia seca</u>	23
2.4.5. <u>Composición química de la pastura consumida</u>	24
2.4.6. <u>Producción y composición de leche</u>	24
2.4.7. <u>Calendario experimental de determinaciones</u>	25
2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	25

3. <u>RESULTADOS</u>	28
3.1. ALTURA DE LA PASTURA	28
3.2. DESCRIPCIÓN DE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA Y PROPORCIÓN DE LÁMINA Y VAINA DE LA FESTUCA	33
3.3. CONDUCTA EN PASTOREO	34
3.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PASTURA SELECCIONADA	36
3.5. CONSUMO DE MATERIA SECA ESTIMADO MEDIANTE N- ALCANOS	37
3.6. PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE	38
3.7. CONTRASTES DE TENDENCIA LINEAL Y CUADRÁTICA ...	40
4. <u>DISCUSIÓN</u>	42
5. <u>CONCLUSIONES</u>	54
6. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	55
7. <u>ANEXOS</u>	66
ANEXO 1 Análisis de varianza para las variables altura de la pastura, tiempo de pastoreo, tiempo de rumia, consumo, composición química de la materia seca consumida, producción y composición de leche.....	66
ANEXO 2 Consumos individuales de pastura calculados mediante los alcanos C31 y C33 y consumos individuales totales, calculados mediante los alcanos C31 y C33 y oferta/rechazo de concentrado. CMS = consumo de materia seca.....	69
ANEXO 3 Conducta y consumo de vacas lecheras sobre pasturas: efecto de la intensidad de pastoreo.....	70

RESUMEN

El experimento se realizó entre octubre y noviembre de 2008 en Paysandú, Uruguay. El objetivo fue relacionar las estrategias de pastoreo, el consumo y la producción de vacas lecheras con las características una pastura de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* bajo diferentes intensidades de defoliación. Se utilizaron 18 vacas multíparas de la raza Holando con 183 ± 15 días en lactación, distribuidos al azar en tres tratamientos de altura de pastoreo: Alto (10cm), Medio (7cm) y Bajo (4cm), en un sistema de pastoreo permanente regulado con animales volante. El diseño fue de bloques completos al azar con dos repeticiones por tratamiento. Semanalmente fue medida la altura de la pastura. La actividad en pastoreo fue determinada con registradores electrónicos de movimientos mandibulares IGER. Mediante *hand clipping* se tomaron muestras simulando la selección de los animales y se determinó su composición química. El consumo de materia (CMS) seca fue estimado mediante n-alcanos. Diariamente se midió la producción de leche (PL) y cada 15 días contenido de grasa y proteína. Fueron definidos dos periodos de análisis, dadas las variaciones climáticas durante el experimento. Las alturas fueron significativamente diferentes, $10,60 \pm 0,34$, $7,51 \pm 0,24$ y $5,95 \pm 0,19$ para Alto, Medio y Bajo respectivamente, presentando una mayor heterogeneidad de distribución en el tratamiento Alto. Los tiempos de pastoreo y rumia fueron afectados por el tratamiento y el período, con 478 ± 15 , 531 ± 15 y 512 ± 14 minutos de pastoreo por día y 451 ± 16 , 367 ± 17 y 382 ± 15 minutos de rumia por día para los tratamientos Alto, Medio y Bajo respectivamente. Hubo efecto del tratamiento sobre los contenidos de proteína bruta y fibra de detergente ácido de la pastura seleccionada, pero no sobre contenido de materia orgánica, cenizas, fibra detergente neutro, digestibilidades in vitro de la materia seca y orgánica. No hubo efecto del tratamiento sobre CMS, PL y su composición. Al variar las características de la pastura, los animales mostraron mecanismos de compensación en conducta para alcanzar igual CMS. La variación climática, condicionó los resultados dado que se encontró un efecto del período en todas las variables medidas en varios momentos.

Palabras clave: pastoreo, rumia, n-alcanos, selección de la dieta

INGESTIVE BEHAVIOUR AND INTAKE OF DAIRY COWS IN MIXED SWARDS WITH *Festuca arundinacea* UNDER DIFFERENT GRAZING INTENSITIES

SUMMARY

The experiment was carried out between october and november, 2008 in Paysandú, Uruguay. The aim was to relate grazing strategies, dry matter intake and milk production of lactating cows with sward characteristics of a *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* and *Lotus corniculatus* pasture under different grazing intensities. Eighteen Holstein multiparous cows with autumn calves and 183 ± 15 days in lactation were randomly assigned to grazing treatments of 10 cm (Tall), 7 cm (Medium) and 4 cm (Short) in a continuous grazing system regulated by “put and take”. Experimental design was randomized complete blocks with two replicates per treatment. Sward height was measured weekly. Grazing activity was measured with IGER recorders. Grazed sward was sampled by “hand clipping” and chemical composition was determined. Daily dry matter intake was estimated using n-alkanes. Milk production was measured daily, and its composition determined each 15 days (fat and protein percentage). Because of climatic changes during the experiment two periods of analysis were defined. Pasture heights were significantly different, $10,60 \pm 0,34$, $7,51 \pm 0,24$ and $5,95 \pm 0,19$ for Tall, Medium and Short treatments respectively, and had different distributions with more heterogeneity in Tall treatment. Treatment and Period had affect on grazing and ruminating time. Means for grazing time in minutes were 478 ± 15 , 531 ± 15 and 512 ± 14 and for ruminating time 451 ± 16 , 367 ± 17 and 382 ± 15 for Tall, Medium and Short treatments respectively. There was effect of treatment on protein and detergent acid fiber of ingested pasture, without effect on organic matter, ash, detergent neutral fiber and dry and organic matter digestibility. Treatment had no effect on dry matter intake, milk production or milk composition. When sward height changed, cows showed plasticity to achieve the same dry matter intake. The significant effect of Period in all the variables suggests that results were conditioned by climatic changes.

Keywords: grazing, ruminating, n-alkanes, diet selection

1. INTRODUCCIÓN

1.1. EL ESTUDIO DE LA RELACIÓN PLANTA ANIMAL

El pastoreo es un proceso fundamental, que afecta la dinámica y el funcionamiento de los ecosistemas pastoriles. Sus componentes comprenden la conducta de los animales en la búsqueda y obtención del alimento, y los procesos de los tejidos de las plantas en diferentes escalas espacio-temporales del proceso de pastoreo (Carvalho, 2013). Hoy en día, la investigación está dando una importancia creciente al manejo integrado del pastoreo y el rol del animal en los ecosistemas, mientras que se da una disminución del énfasis en el manejo del pastoreo como generador de resultados productivos, que ha sido el enfoque tradicional. El estudio del comportamiento en pastoreo, incorpora ambos enfoques, que no son necesariamente contradictorios, lo cual contribuye a generar innovación en los sistemas pastoriles (Carvalho, 2013).

Este foco sobre la interfase planta-animal requiere abordajes originales para comprender las relaciones causales. Uno de ellos, es el concepto de la pastura como causa y consecuencia del proceso de pastoreo. Esto se debe a que la defoliación provoca respuestas diferenciales en los tejidos alterando los patrones de rebrote y por lo tanto, la estructura de la pastura (Carvalho, 2013) y al mismo tiempo, la estructura de la pastura determina el patrón de pastoreo y el consumo de forraje (Carvalho, 2013, Ungar, 1996). La comprensión de este proceso es de particular importancia cuando se trabaja sobre ambientes heterogéneos, en los cuales el consumo no puede ser atribuido a la masa de forraje promedio, sino que la heterogeneidad afecta el consumo y la conducta a través de respuestas no lineales (Laca, 2008).

Otro concepto importante para el estudio del proceso desde esta perspectiva, tiene que ver con el aprendizaje de los animales basado en las consecuencias de sus acciones. Si las consecuencias son positivas, el comportamiento tendrá más posibilidades de ocurrir en el futuro, mientras que si las consecuencias son negativas, el comportamiento será menos probable (Launchbaugh y Walker, 2013). Esto implica que

los animales forman sus preferencias por los alimentos que los satisfacen en términos de requerimientos de energía, balance nutricional, recuperación de enfermedades (Provenza 1995), y al mismo tiempo prefieren hábitats según recursos pastoriles, disponibilidad de agua, bajo riesgo de predación y regímenes térmicos apropiados. A la hora de poner en juego estos mecanismos, los ambientes heterogéneos, son particularmente desafiantes para los animales, dado que precisan estar muestreándolos constantemente, para poder percibirlos correctamente (Laca 2008).

De acuerdo con la tendencia internacional y regional de la investigación en pastoreo, se han desarrollado líneas de investigación a nivel nacional, a cargo del grupo de Utilización de Pasturas de la EEMAC (Paysandú, Uruguay), con énfasis en el estudio de la relación planta-animal. Las mismas han contribuido a la comprensión de los mecanismos involucrados en el proceso de pastoreo, a diferentes escalas espacio-temporales y en diferentes ambientes productivos (Chico, 2007, Scarlato, 2011, Faber, 2012). Sin embargo, este enfoque es relativamente nuevo, y la complejidad de los procesos, así como la diversidad de los ecosistemas, requiere aún mucha información por generarse en este sentido.

En Uruguay, los sistemas de producción son esencialmente pastoriles, y el resultado físico y económico de los mismos depende en gran medida del manejo de la interfase planta-animal (Chilibroste *et al.*, 1999). Países como Australia, Nueva Zelanda y Reino Unido, implementan las decisiones de manejo del pastoreo con vacas lecheras en base a funciones de respuesta que relacionan intensidad de pastoreo, y/o atributos de la pastura, y nivel de suplementación, con consumo de forraje y producción de sólidos (Hodgson y Da Silva, 1999; Holmes, 1987). La lechería uruguaya no dispone de funciones de respuesta que relacionen la intensidad de pastoreo con el crecimiento de forraje, consumo de materia seca, producción de leche y sólidos, capacidad de carga y persistencia productiva de praderas.

Este trabajo tiene como objetivo general, generar información sobre los mecanismos involucrados en la relación planta-animal en un ecosistema pastoril de

nuestro país, relacionando las estrategias de pastoreo y el consumo de vacas lecheras en producción con las características de la pastura generadas bajo diferentes intensidades de pastoreo de una pastura mixta, en primavera.

Como objetivos específicos se plantea:

- Caracterizar la pastura en relación a altura promedio y su distribución, la composición botánica y la relación lámina/vaina de la Festuca, generadas bajo las diferentes intensidades de defoliación.
- Estudiar la respuesta en conducta (tiempo de pastoreo y rumia) de vacas lecheras pastoreando a diferentes intensidades de defoliación.
- Determinar el consumo de forraje y su calidad (composición química) en cada situación y relacionarlo con la estrategia de pastoreo empleada y los atributos de la pastura.
- Determinar la respuesta en producción de leche obtenida bajo diferentes intensidades de defoliación.

1.2. EL CONSUMO DE FORRAJE EN PASTOREO

El consumo es el principal determinante de la producción animal y, a través de su efecto sobre la estructura de la pastura, de la producción de las plantas (Ungar, 1996). Su regulación involucra controles del comportamiento en el corto plazo, relacionados a la regulación homeostática, y controles de largo plazo, que dependen de los requerimientos nutricionales y de las reservas corporales de los animales (Faverdin *et al.*, 1995). Avanzar en la comprensión de los factores que intervienen para alcanzar un determinado consumo, desde el punto de vista de la pastura, del animal y de su interacción, representaría una gran contribución para realizar un uso más eficiente de los recursos.

El nivel de producción que un animal puede alcanzar depende de su habilidad para ingerir una dieta adecuada a sus requerimientos nutricionales para mantenimiento, crecimiento y producción. Durante años de estudio se han identificado gran cantidad de factores que afectan el consumo animal, los cuales han sido agrupados en: factores inherentes al animal, factores inherentes al alimento, y factores inherentes al manejo y al ambiente (Ingvarsten, 1994). A su vez se han desarrollado teorías para explicar la regulación del consumo que involucran múltiples factores. La teoría de regulación física del consumo mediante el contenido de fibra de la dieta ha presentado limitaciones para predecir del consumo voluntario de materia seca (Roche *et al.*, 2008). Varios autores han planteado que en condiciones pastoriles, el consumo de vacas lecheras, y en consecuencia su producción de leche, es menor que el que puede ser alcanzado bajo alternativas de alimentación con concentrados (Leaver, 1985, Bargo *et al.*, 2003, Kolver, 2003).

El consumo de forraje es un proceso complejo en el que intervienen múltiples factores interdependientes (Chilibroste, 1999). En situaciones de pastoreo, es necesario tener en cuenta elementos de la pastura tales como disponibilidad, estructura, densidad y/o altura del forraje y del animal tales como tasa de cosecha y selectividad, vinculados a la estrategia de pastoreo (Chilibroste, 1999). Según el modelo de comportamiento ingestivo (Alden y Whittaker, 1970) que se presenta en la Figura 1, el consumo en pastoreo puede ser expresado como el producto de la tasa de consumo (g/minuto) y el tiempo de pastoreo efectivo (minutos). La tasa de consumo a su vez puede ser descompuesta en tasa de bocado (bocados/minuto) y el peso de cada bocado individual (g). A su vez el peso de bocado se compone del volumen que es cosechado por el animal y la densidad del horizonte de pastoreo. El volumen que es cosechado en cada bocado, depende de la profundidad del bocado y del área que el animal es capaz de cubrir con la lengua.

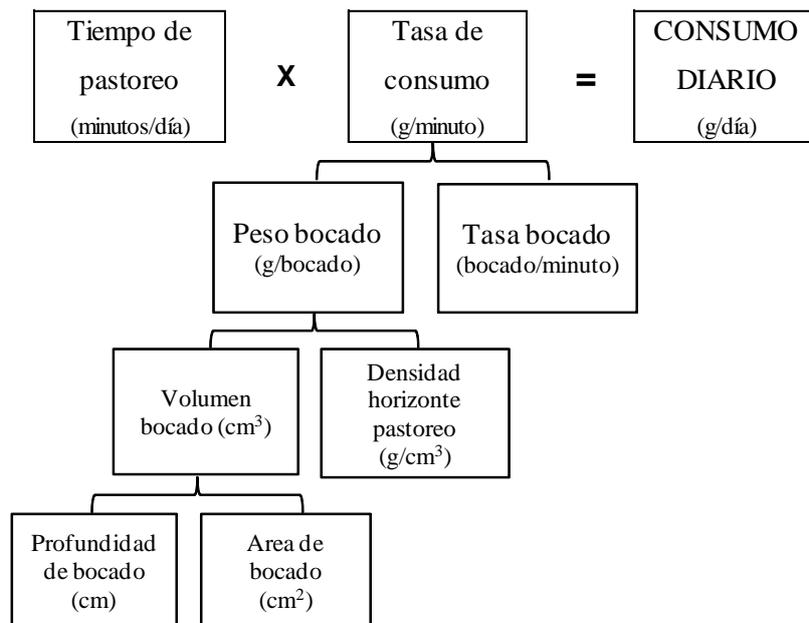


Figura 1. Componentes del modelo de comportamiento ingestivo (Allden y Whittaker, 1970)

La pastura impone una primera restricción a la masa de bocado, afectando la tasa de bocado, la tasa de consumo en el corto plazo, y el consumo diario (Gibb, 2006). Cada bocado individual es un evento en el que se vincula el animal con la pastura, y el mismo depende por un lado de las características del animal, y de las restricciones que impone la pastura. En varios trabajos ha sido reportada la disminución en peso de bocado frente a restricciones de altura en la pastura. Esta relación es variable, y en vacas lecheras es afectada por factores como el estado fisiológico del animal y el potencial genético (Gibb, 2006). Como resultado de las restricciones impuestas por la pastura, la tasa de consumo instantánea baja, y el animal puede recurrir a un aumento en la tasa de bocado o en el tiempo de pastoreo como mecanismo de compensación. El tiempo de pastoreo, ha sido identificado como el mecanismo de compensación más importante mediante el cual los animales pueden aumentar su consumo (Gibb *et al.*, 1997).

Como fuera evidenciado anteriormente, el comportamiento animal puede ser estudiado desde múltiples aproximaciones. Estas se encuentran relacionadas, y ha

sido argumentado que la relación entre ellas es la esencia de la explicación científica (Ungar, 1996). Shipley *et al.* (1994) expresaron la importancia de la escala temporal en los estudios de consumo: en la escala más larga, (la vida), el consumo de nutrientes es regulado para obtener los costos de mantenimiento y producción. A escala diaria, la tasa de consumo es limitada por el proceso de digestión, por el tiempo disponible de pastoreo, y por la tasa de consumo durante el pastoreo activo. Dentro de los períodos de pastoreo activo (minutos), la tasa de consumo es limitada por las propiedades espaciales y morfológicas de la pastura y por el aparato ingestivo del animal.

Con el objetivo de contribuir al estudio del comportamiento en pastoreo de grandes herbívoros, Bailey *et al.* (1996), propuso un modelo que describe seis escalas espaciales, que se relacionan con las decisiones de pastoreo hechas por los animales a diferentes escalas de tiempo (Cuadro 1). Las escalas varían desde un bocado, que ocurre cada uno o dos segundos, a rangos que cambian mucho menos frecuentemente (un mes a dos años), si es que lo hacen. Según Parsons y Chapman (2000), deberíamos analizar tanto el crecimiento de las plantas como el consume animal a la misma escala, y cuando sea posible al menos una escala menos de la cual queremos hacer predicciones.

Cuadro 1. Escalas temporales y espaciales útiles para describir y evaluar el comportamiento en pastoreo de grandes herbívoros (Bailey y Provenza, 2008, adaptado de Bailey *et al.*, 1996).

Nivel espacial	Resolución espacial de la unidad seleccionada	Intervalo temporal entre decisiones	Comportamientos o características definidas	Variable de respuesta	Entidad vegetal
Bocado	0,0001 – 0,01 m ²	1 – 2 s	Movimientos de mandíbula, lengua y cuello	Tamaño de bocado	Parte de la planta
Estación	0,1 – 1 m ²	2 s – 2 min	Ubicación del animal	Tasa de bocado	Planta
Parche	1 m ² – 1 ha	1 – 30 min	Reorientación del animal a un nuevo lugar. Descanso en la secuencia de alimentación	Duración de la alimentación	Grupo de plantas
Sitio	1 – 10 ha	1 – 4 h	Evento de pastoreo	Movimientos de pastoreo	Asociación de especies de plantas
Diario	10 – 100 ha	12 – 24 h	Área donde los animales toman agua y descansan entre eventos de pastoreo	Ubicación diaria	Unidad de terreno
Estacional	100 – 1000 ha	3 – 12 meses	Migración	Situación metabólica	Tipo de terreno
Largo de vida	> 1000 ha	Varios años	Dispersión o migración	Esquema de la historia de la vida	Región geográfica

1.3. LAS PASTURAS BAJO PASTOREO

La producción de tejidos de hojas en una pastura es un proceso continuo, regulado por variables ambientales y por cambios en el estado de la misma. En la medida que se acumula tejido de hojas, este está expuesto al envejecimiento y la senescencia lo que lleva a su acumulación y descomposición en el suelo. Bajo pastoreo, los tejidos de las hojas están sujetos a eventos discretos de defoliación, cuya frecuencia e intensidad afectan la fisiología de las plantas y por lo tanto la tasa a la cual se producen nuevos tejidos (Lemaire y Agnusdei, 1999). Por eso, la optimización de los sistemas de pastoreo no puede ser concebida como la maximización independiente de la producción de pastura o el consumo de los animales, sino como un compromiso entre

los siguientes flujos de tejidos de hojas: crecimiento, senescencia y consumo (Parsons *et al.*, 1994).

La respuesta de las plantas individuales frente a la intensidad y frecuencia de la defoliación involucra procesos a nivel de la interfase planta-animal: en el corto plazo, respuestas fisiológicas relacionadas a la reducción del aporte de carbono resultante de la pérdida de área foliar que limitarán la producción de tejidos; en el largo plazo, respuestas morfológicas permiten a la planta adaptar su arquitectura y escapar a la defoliación. Por lo tanto la plasticidad de las plantas al régimen de defoliación juega un rol central en la regulación tanto de la tasa de producción de nuevos tejidos de hojas como de la accesibilidad de esas hojas para los animales (Lemaire y Agnusdei, 1999).

La producción de tejido de hojas puede ser analizada como el resultado de la interacción de dos procesos: 1 la producción de asimilatos por las plantas individuales, resultante de la intercepción de luz y de la fotosíntesis de las hojas y 2 el uso de esos asimilatos por los meristemas de las hojas para la producción de nuevas células en crecimiento y finalmente, para la expansión del área foliar. Por lo tanto, la tasa de expansión de los tejidos puede ser limitada por cualquiera de estos dos factores. El uso de los asimilatos por los meristemas de las hojas está directamente determinado por la temperatura, que gobierna las tasas de división y expansión celular (Ben-haj-Salah y Tardieu, 1995) y crea una demanda de asimilatos de carbono y nitrógeno para proveer energía y material para la expansión de tejidos. Desde esta mirada simplificada de una planta en crecimiento, en ausencia de estrés hídrico, la expansión de tejidos puede ser considerada como directamente determinada por la temperatura y la nutrición nitrogenada (Gastal *et al.*, 1992).

La dinámica de macollaje de las pasturas es definida por: la morfología de los macollos, la optimización del área foliar del canopeo y la persistencia. La morfología de los macollos proporciona conocimiento acerca de la ubicación de los recursos. Con respecto al área foliar en pasturas bajo ocupación continua, la altura de la pastura, y por lo tanto el tamaño de los macollos, está determinada por la carga, a través de la

intensidad de defoliación. El área foliar que puede ser mantenida se relaciona de manera inversa con la intensidad de defoliación, dado que el pastoreo representa una pérdida de energía de las plantas, análoga un menor nivel de luz. La optimización del área foliar a bajas alturas de defoliación se logra a través del descenso en el tamaño de los macollos y el aumento de su densidad de población. Sin embargo, con una defoliación excesiva, el área foliar y la disponibilidad de sustrato se reducen tanto que la producción de nuevos macollos se suprime y la población disminuye en la medida que los macollos existentes mueren. Una señal para la inducción de primordios y la producción de nuevos macollos es la alta relación rojo/rojo lejano, y esta señal se reduce en la medida que el área foliar aumenta (Matthew *et al.*, 1999).

El análisis del índice de área foliar (IAF) de las pasturas implica las siguientes variables: densidad de población de macollos, número de hojas por macollo y tamaño de hoja. El área foliar en los pastos, está muy asociada al largo de la hoja, que es controlado por la intensidad de defoliación. El número de hojas por macollo es notoriamente constante para una especie dada, promediando usualmente entre 2,5 y 3,5 hojas por macollo para *L. perenne* (Chapman y Lemaire, 1993, Yang *et al.*, 1998). A bajas alturas de pastoreo una mayor densidad de población de macollos chicos optimiza el IAF, y contrariamente, a alturas de pastoreo mayores una menor densidad de macollos mas grandes optimiza el IAF.

La eficiencia de utilización de forraje en un sistema de pastoreo puede ser definida como la proporción de tejido de hoja removido por los animales antes de entrar en estado de senescencia (Lemaire y Chapman 1996). Desde puntos de vista ecológicos y agronómicos, un cálculo de esa eficiencia podría ser considerado como la mantención de un estado de pastura que asegure la sustentabilidad de la producción de hojas que permita una intercepción de luz que pueda ser mantenida por la pastura. Bajo ocupación continua, como fue demostrado por Birchman y Hodgson (1983) esta situación corresponde a un potrero mantenido a una altura e IAF aproximadamente constantes.

La eficiencia a la cual los tejidos de hojas producidos por las plantas son cosechados por el animal en sistemas de ocupación continua, está directamente relacionada a la carga animal a través del promedio de defoliaciones por macollo. Sin embargo, ese promedio incluye una variabilidad intra-poblacional muy grande, que además probablemente aumente al disminuir el intervalo de defoliación, asociado a una disminución en el crecimiento de la pastura. Bajo esas circunstancias, la heterogeneidad de la superficie pastoreada aumenta, con parches frecuentemente pastoreados de baja productividad alternados con parches poco pastoreados (o rechazados) donde la producción de pasto relativamente alta es asociada a una cosecha ineficiente (Lemaire y Agnusdei, 1999).

Cuando la vegetación es heterogénea, debemos reconocer que hay diferentes frecuencias de distribución (varianza) en el estado de los parches sobre los cuales los animales pastorean. Esto alterará la forma de la respuesta a escala de campo del consumo frente al estado de la vegetación. Por ejemplo, una frecuencia de distribución en la que predominan parches bajos, dará como resultado una predominancia de bocados chicos, lo cual significa que llevará más bocados y más tiempo de pastoreo para satisfacer el consumo. De la misma manera, el cambio en un componente del comportamiento ingestivo, como la profundidad de bocado, alterará la forma de la respuesta funcional a escala de campo. Por lo tanto, una media dada a escala de campo no determina una única tasa de consumo, dado que depende de la frecuencia de distribución de los parches en torno a la media, y no se puede trazar una única respuesta funcional (Parsons y Chapman, 2000).

La variabilidad espacial está presente en todas las pasturas pastoreadas. El proceso de pastoreo es un proceso discreto en el espacio y sujeto a varianza (Parsons y Dumont, 2003). El mismo se puede definir como una secuencia de defoliaciones separadas por períodos variables de crecimiento ininterrumpido. Por lo tanto, todos los sistemas de pastoreo, incluso bajo ocupación continua son en realidad “rotativos” a escala de bocado (Hodgson y Ollerenshaw, 1969, Clark *et al.*, 1984). Las pasturas pastoreadas son entonces, heterogéneas en relación a la biomasa (Hirata 2000). Orina

y heces crean parches con diferente concentración de nutrientes y por lo tanto diferentes tasas de crecimiento, incluso los animales evitan estos parches. La variación de los factores edáficos como disponibilidad de nutrientes, pH, profundidad del perfil y textura interaccionan con la fisiología y la tolerancia ambiental de las especies en la competencia inter-específica. Los resultados también pueden ser afectados por la preferencia parcial de los animales (Chapman *et al.*, 2007).

Los animales en pastoreo hacen continuamente elecciones sobre cómo y qué pastorear en una comunidad pastoril mixta. Esta oportunidad depende de la oferta y demanda en base diaria y del método de pastoreo. La primera puede ser relativamente controlada pero es fuertemente afectada por factores ambientales y la tasa de acumulación de materia seca. El segundo es totalmente controlable.

A nivel de planta la defoliación es un evento discreto que ocurre a intervalos variables (14 – 60 días). Incluso cuando el sistema de pastoreo es “continuo” las plantas no son pastoreadas continuamente. El proceso ocurre a la escala de bocado por lo tanto la pastura es un agregado de parches del tamaño de un bocado, cada uno con una masa residual característica y por lo tanto una trayectoria de crecimiento diferente. La respuesta funcional para el crecimiento de una planta debe considerar de qué manera la tasa de crecimiento es afectada por el estado del parche residual (inicial para el siguiente rebrote), y hasta cuando se le permite crecer a ese parche (Figura 2).

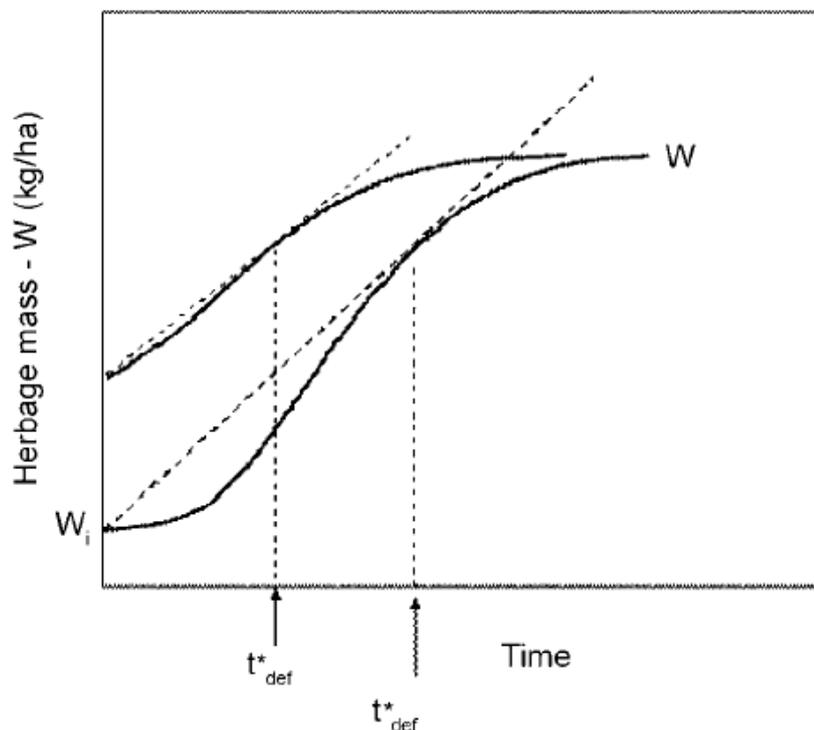


Figura 2. Dinámica de rebrote de pasturas basadas en gramíneas templadas.

Las curvas de rebrote (aquí se presentan dos, la Curva 1 a partir de un residuo bajo, y la Curva 2 a partir de un residuo mayor) dependen del estado inicial de cada parche, W_i , y para cada parche hay un tiempo óptimo de pastoreo (t^*_{def}) donde una línea punteada trazada desde el intercepto con el eje x toca primero la curva (Parsons y Chapman, 2000). A estados de parches con mayores residuos el rebrote no varía, implicando que el parche debería ser pastoreado inmediatamente.

Cuando la oferta excede la demanda del animal, y el control del proceso es mínimo, el mosaico de parches es extremo. Esto introduce ineficiencia al sistema dadas las limitantes de una alta biomasa residual ya que los animales concentran el pastoreo en los parches más bajos y con más hojas (selección activa por hojas) evitando los más altos (evasión de tallos y material seco). Por lo tanto nada o casi nada de la pastura se encuentra en estados en los que la máxima tasa de acumulación es posible (Chapman *et al.*, 2007).

1.4. RESPUESTAS EN CONDUCTA Y PRODUCCIÓN ANIMAL FRENTE A CAMBIOS EN LA PASTURA

El consumo en pastoreo es afectado por las características de la pastura, a través de su efecto sobre el comportamiento ingestivo animal (Baumont *et al.*, 2000). El estudio de los factores de la pastura que determinan o correlacionan bien con tasa de consumo y calidad, es motivado por el problema de la medición, dado que el entendimiento de esos factores podría proveer herramientas predictivas útiles para el manejo de los sistemas pastoriles. Estas herramientas, deberían enfocarse en características de la vegetación (altura), o en componentes conductuales del consumo que puedan ser monitoreados, como la tasa de bocado (Ungar, 1996).

Varios investigadores han estudiado atributos de la pastura que pueden ser relacionados con el comportamiento y el consumo animal en pastoreo. A nivel de la interfase planta-animal, el peso de la pastura consumida en cada bocado es restringido por la morfología de la pastura (Gibb, 2006). En general, existe acuerdo en que para pasturas templadas, la masa de bocado y la tasa de consumo aumentan en la medida que se incrementa la altura de la pastura. Forbes (1988) en una revisión de 6 trabajos, encontró que en pasturas templadas, en la medida que la altura del forraje aumenta, el tamaño de bocado aumentó linealmente en todos los casos.

Penning *et al.* (1994) encontraron que para ovejas en pastoreo rotativo, la masa de bocado estuvo altamente correlacionada con masa de hoja verde, existiendo también una relación lineal, aunque no tan fuerte entre masa de bocado y altura de la pastura. La altura del forraje podría ser usada como un indicador que relacione el estado de la pastura y mecánica de pastoreo (Gibb, 2006). En otro estudio realizado por Penning *et al.* (1991) con ovejas en ocupación continua, se concluyó que la altura puede ser usada para controlar el consumo y la performance, debido a que una estructura característica se desarrolla como resultado del manejo de pastoreo propuesto.

Gibb *et al.* (1997), trabajando con vacas lecheras encontraron una mayor masa de forraje por movimiento mandibular a una altura intermedia de 7 cm, con respecto a 5 o 9 (0,264, 0,182 y 0,237 g, respectivamente). La repuesta esperada del animal frente a la reducción en la tasa de consumo de corto plazo es aumentar el tiempo de pastoreo, sin embargo en este experimento no hubo un aumento significativo, con valores de 628, 604 y 581 minutos de pastoreo por día para 5, 7 y 9, respectivamente. Para el rango de alturas entre 5-9 cm, el total de movimientos mandibulares de pastoreo mostró un aumento lineal y significativo al disminuir la altura, Sin embargo, este no fue suficiente para compensar la menor masa de bocado. El consumo máximo de materia orgánica fue alcanzado con una altura de la pastura de 7 cm (14,1 kg) mientras que a 5 y 9 cm se obtuvieron consumos de 10,5 y 12,1 kg, respectivamente.

Dalley (1999) en un experimento con vacas lecheras sobre raigrás perenne en primavera encontraron que al aumentar la asignación entre 20 y 70 kg MS/vaca/día el consumo aumentó de manera curvilínea, de 11,2 a 18,5 kg/vaca/día con una disminución de la utilización de 54 a 26%. Si bien no encontraron diferencias diarias en tiempo de pastoreo, observaron que vacas con menor asignación pastorearon más durante el día y menos durante la noche. Limitaciones en el tamaño de bocado limitarían el pastoreo en la noche (Minson 1990).

Lee *et al.* (2008), realizaron posteriormente un experimento sobre raigrás perenne en el cual se probó el efecto de la intensidad de pastoreo anterior sobre la producción de leche en pastoreos siguientes. Para no confundir el efecto con el de la asignación, variaron las alturas pospastoreo anterior, siendo la asignación constante de 18 kg MS/vaca/día. Para alturas pospastoreo de 4,1, 5,1 y 5,9 cm encontraron efecto negativo de la altura pospastoreo sobre la producción de leche. Esto parece contradictorio con otros estudios como el de Gibb *et al.* (1997) en el cual sí hubo respuesta positiva en producción al aumentar la altura de pastoreo. Sin embargo, la explicación encontrada por los autores radica en que dada la baja asignación, los animales consumieron por debajo de las alturas pre-pastoreo anterior, obteniendo

forraje de menor calidad en la medida que la altura era mayor, por mayor acumulación de restos secos.

Curran *et al.* (2010), sobre raigrás perenne en un experimento de 6 meses probaron tratamientos cruzados de disponibilidad y asignación. (1600 y 2400 kg MS/ha) y 15 y 20 kg MS/vaca/día. Encontraron mayor producción de leche/ha al disminuir la disponibilidad para el promedio de asignaciones estudiado, sin embargo esto no se relacionó con mayor consumo, sino con diferencias en calidad de la dieta. Sí encontraron efecto positivo de la asignación de forraje sobre el consumo. Wade (1991) encontró que el tallo es un obstáculo para aumentar el consumo de pasto cuando los animales son obligados a pastorear dejando residuos bajos. El menor consumo alcanzado con asignaciones de 15 kg sugiere que las vacas fueron llevadas a este límite. La resistencia de la vaina aumenta en importancia como barrera al consumo en la medida que la masa de forraje aumenta.

Los trabajos presentados anteriormente, en general han encontrado relaciones positivas entre masa de forraje o altura y tamaño de bocado. Sin embargo, es importante considerar que las pasturas son caracterizadas no solamente por la altura, sino también por la proporción del área total cubierta por el forraje, y su densidad (Laca, 2008). La masa de bocado es determinada por el arreglo espacial de la vegetación en una escala local y muy pequeña. Para un promedio dado de disponibilidad, las pasturas altas dan bocados más grandes y mayores tasas de consumo (Laca *et al.*, 1994). Por lo tanto, la respuesta en consumo a masa de forraje debería ser mayor para pasturas que incrementan la altura que para aquellas que aumentan cobertura o densidad (Figura 3). Si la heterogeneidad espacial cambia con la masa de forraje, la respuesta funcional observada podría tener formas inesperadas, o sea que la respuesta funcional depende del tipo y grado de heterogeneidad presente en la vegetación.

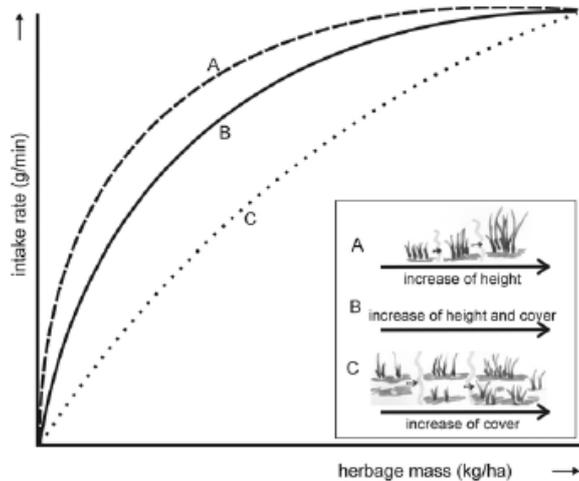


Figura 3. Efectos hipotéticos de la heterogeneidad de la distribución espacial del forraje sobre la respuesta funcional que relaciona tasa de consumo con masa de forraje disponible (Laca, 2008).

La heterogeneidad puede ser beneficiosa para la producción animal por hectárea cuando se da pastoreo selectivo a favor de los parches altos. Los animales pueden utilizarla en su favor, ya que integran tanto pistas visuales como memoria espacial para aumentar la tasa a la que encuentran alimento deseable (Edwards *et al.*, 1997). La heterogeneidad que se genera a partir de la preferencia, asociada con el rechazo parcial de aéreas altas, lo que parece más dañino. La distribución bimodal de parches asociada a una distribución compleja de la defoliación refleja como el rendimiento es reducido debido a que en algunos parches se pastorea demasiado pronto y en otros demasiado tarde

1.5. SELECCIÓN DE LA DIETA

Antes de comenzar este capítulo es conveniente definir dos términos que muchas veces son usados como sinónimos: preferencia y selección.

Preferencia es lo que el animal selecciona en su dieta cuando las limitaciones de encontrar en ingerir comida son mínimas (Parsons *et al.*, 1994).

Selección, es la preferencia modificada por las limitantes ambientales (Hodgson 1969).

Los animales explotan la heterogeneidad del ambiente pastoreando de manera selectiva. La predicción del consumo y del impacto de los animales sobre la vegetación requiere el entendimiento de sus decisiones de pastoreo (Baumont *et al.*, 2000). La selección de la dieta, en el sentido de elecciones entre especies o partes de las plantas, es considerado como dependiente del proceso a escalas temporales y espaciales mayores (Ungar, 1996). Las opciones de corto plazo hechas por el animal, sobre que plantas seleccionar y cuanto buscar entre bocados, afectan la tasa de consumo instantánea y el contenido de nutrientes de la dieta (Gordon, 1995).

La investigación ha demostrado que las vacas lecheras no pastorean al azar, sino que muestran una preferencia parcial de aproximadamente 70% por el trébol blanco (Rutter *et al.*, 2004). Los resultados muestran que existe un patrón de preferencias durante el día, con animales consumiendo más trébol de mañana y más gramínea en la tarde y noche (Gibb, 2006). Antecedentes nacionales (Chico, 2007), mostraron que vacas lecheras pastoreando una pastura de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, con una altura de entrada de 15 cm y alturas de Salida de 3, 6 y 9 cm seleccionaron mayor proporción de leguminosas en la mañana y mayor cantidad de gramíneas en la tarde. Este comportamiento fue inverso cuando la altura de salida fue 12 cm.

Para explicar la selección aparente por leguminosas frente a gramíneas, los factores que han sido más considerados como explicativos del fenómeno son: el mantenimiento de la microflora ruminal y su función en términos de procesamiento de diferentes alimentos, el mantenimiento de una relación C/N “óptima” en la dieta, evitar consecuencias tóxicas por ingerir algún componente en exceso y evitar pastorear en la noche por riesgo de predación. Han sido descartadas las hipótesis de falta de habilidad para discriminar los alimentos y falta de memoria espacial (Chapman *et al.*, 2007).

La selección que ejercen los animales sobre la pastura, ha sido reportada incluso en pasturas mono específicas. En esos casos, en los que factores como el gusto, la palatabilidad y el contenido de nitrógeno son altamente correlacionadas con digestibilidad, la mayor influencia sobre la preferencia parece ser la tasa potencial de consumo (Illius *et al.*, 1987). Cid y Brizuela (1998), encontraron que las vacas prefieren pastorear repetidamente sobre parches intensamente pastoreados si su altura no restringe la tasa de consumo o si los animales pueden compensar la reducción del peso de bocado aumentando la tasa de bocado. Estos autores sugirieron que el pastoreo en parches es nutricionalmente beneficioso para las vacas.

Faber 2012, trabajando con vacas lecheras de primer tercio de lactancia en tres tratamientos de altura post pastoreo 6, 9 y 12 cm con altura de entrada 19 ± 6 , encontró efecto de la altura sobre el índice de selección de parches. El índice de selección por parches altos fue mayor a 1 por lo que vacas lecheras seleccionaron a favor de parches altos en todas las alturas, pero en 12 cm no hubo diferencias significativas en índice de selección por parches altos o bajos. 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 seleccionan en base a la maximización de la tasa de consumo de forraje durante primavera, y que las características estructurales y la calidad de los parches altos no son limitantes para el consumo animal.

Dalley (1999), al aumentar la asignación entre 20 y 70 kg MS/vaca/día no encontró diferencias en selectividad de vacas lecheras en relación a las especies consumidas. Para todos los tratamientos, el forraje consumido tuvo 1,32 veces más proteína que el ofrecido y menos FDN. Por otro lado, anteriormente King y Stockdale (1984) si observaron una respuesta positiva y lineal en selectividad al aumentar la asignación de forraje.

En pasturas mono específicas de raigrás perenne, Curran *et al.* (2010) en un experimento que duró 6 meses, encontraron que pasturas con menor disponibilidad (1600 vs. 2400 kg MS/ha) tuvieron mayor contenido de proteína y digestibilidad de

la MO y menor contenido de FDN. En la segunda mitad del experimento encontraron también menor digestibilidad de la materia orgánica asociado al problema de altas tasas de senescencia cuando los residuos son altos. En el mismo sentido, O'Donovan y Delaby (2008) encontraron mayores valores de digestibilidad de la MO con pasturas pastoreadas recientemente, con menores alturas, lo que estuvo directamente relacionado con la mayor proporción de hoja de la misma.

En síntesis, las características del ambiente determinan la conducta y el consumo animal en pastoreo, afectando el comportamiento a múltiples niveles jerárquicos. A su vez, el comportamiento animal repercute sobre la heterogeneidad vertical y horizontal de la pastura. La definición de las escalas y variables determinantes del consumo y la selección de la dieta por parte de los animales, es de fundamental importancia para comprender y manejar los sistemas pastoriles (Laca, 2008).

1.6. HIPÓTESIS DE TRABAJO

- 1) Los tratamientos de intensidad de pastoreo generarán diferencias en los atributos de la pastura en cuanto a altura promedio y su distribución.
- 2) El consumo, la calidad de la dieta consumida, la producción de leche y las estrategias de pastoreo, estarán condicionadas por las características de la pastura. Al disminuir la altura, los animales intentarán compensar la reducción en tamaño de bocado, mediante el aumento del tiempo diario de pastoreo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo entre octubre y noviembre de 2008, en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni, (Facultad de Agronomía), Paysandú, Uruguay (32° 19' S, 58° 04' O). Se utilizó una pastura sembrada de segundo año compuesta por *Festuca arundinacea* cv. Quantum, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*.

2.1. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Los tratamientos fueron tres intensidades de defoliación, caracterizadas a través de la altura de la pastura: 10 cm (Alto), 7 cm (Medio) y 4 cm (Bajo). Estas alturas representaron disponibilidades de 3162±26, 2027±1 y 1956±109 kg de MS/ha a inicio del experimento, para los tratamientos Alto, Medio y Bajo, respectivamente. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con dos repeticiones por tratamiento. Las unidades experimentales fueron parcelas con tres animales (unidades de muestreo) cada una. En el Cuadro 2 se presenta la composición botánica de la pastura determinada a inicio del experimento, mediante el método de Botanal (Tothill *et al.*, 1992).

Cuadro 2. Composición botánica para los diferentes tratamientos antes de comenzar el experimento (expresada como porcentaje de Festuca, Lotus, Trébol blanco y restos secos). Alto = 11 cm, Medio = 7 cm, Bajo = 4 cm.

	% Festuca	% Lotus	% Trébol	% Restos secos
Alto	70	4	2	22
Medio	66	5	3	24
Bajo	63	5	3	25

Los porcentajes de suelo descubierto antes del comienzo fueron 48, 61 y 62% para los tratamientos Alto Medio y Bajo, respectivamente.

2.2. ANIMALES

Se utilizaron 18 vacas Holando multíparas, con un peso vivo de 594 ± 43 kg, paridas entre el 26 de marzo y el 8 de mayo, las cuales fueron estratificadas según número de lactancia y fecha de parto, y asignadas al azar a las parcelas experimentales. Esta asignación se realizó 5 meses antes del comienzo del período experimental, para realizar el acondicionamiento de los potreros, como se explica en el punto 2.3. Durante los ordeñes se les asignó 1,88 kg de MS de concentrado por día (0,94 kg por ordeño) con una composición química de 17,5 PB, 35% FDN, 30% FDA y 8,7% cenizas.

2.3. MANEJO DE LA PASTURA

La pastura fue pastoreada en un sistema de ocupación continuo durante todo el período experimental. Los animales pastorearon de 8:00 a 14:00 y de 17:00 a 4:00 horas, con acceso a sombra natural y bebederos. La pastura se dividió en 6 parcelas (2 bloques x 3 tratamientos) de 2 ha cada una. Semanalmente se midió la altura de la pastura dentro de cada parcela (ver determinaciones), y con los registros colectados se realizaron ajustes en el número de animales volantes para mantener la altura propuesta en cada tratamiento. El acondicionamiento de la pastura previo al experimento, para alcanzar las alturas deseadas se realizó desde el otoño previo (5 meses antes del comienzo del experimento, en mayo de 2008). Durante este período se midió semanalmente la altura y a partir de los datos se controló la misma variando la oferta de concentrado de las vacas que se encontraban pastoreando.

2.4. DETERMINACIONES

2.4.1. Altura de la pastura

La altura de la pastura fue medida en la *Festuca arundinacea*, por tratarse del componente predominante y en base al cual se decidió manejar el sistema. Una vez por semana se registraron y promediaron 100 datos de altura por parcela. Se utilizó una

adaptación de la metodología de sward stick (Barthram, 1986) registrando con una regla la máxima altura de intersección de la Festuca.

2.4.2. Composición botánica y proporción de lámina y vaina de la Festuca

El muestreo de pastura para determinar composición botánica se realizó en la primera quincena del experimento para las parcelas del bloque 1, y en la segunda quincena para las parcelas del bloque 2.

En cada parcela se tomaron 27 muestras de 0,0625 m² de pastura. Las mismas fueron separadas manualmente en laboratorio, distinguiéndose los siguientes componentes: Festuca, Leguminosas sembradas (Lotus y Trébol blanco), Restos secos y otros componentes. A su vez, la Festuca fue separada en lámina y vaina, cortando las láminas a la altura de la lígula. Todas las muestras fueron pesadas y secadas en estufa a 60° durante 48 horas, para determinar la contribución de cada componente a la MS total de la pastura, y las proporciones de lámina y vaina de la Festuca (en base a Arosteguy, 1982).

2.4.3. Conducta en pastoreo

Se registró la conducta en pastoreo durante 24 horas, haciéndose coincidir los últimos días de medición con la dosificación y recolección de heces para determinar consumo. Se obtuvieron un total de 5 registros por vaca. Las vacas fueron equipadas con registradores de conducta en pastoreo IGER (Rutter *et al.*, 1997) que graban señales análogas a partir de sensores de movimientos mandibulares, usando tarjetas de almacenamiento. Las grabaciones fueron descargadas y analizadas con el software Graze® para obtener los tiempos de pastoreo y rumia expresados en minutos por día (Rutter, 2000). El tiempo de pastoreo fue definido como el tiempo en que se realizaron movimientos mandibulares de pastoreo con intervalos menores a 4 minutos (Gibb *et al.*, 1999). El tiempo de rumia fue definido como el tiempo en que

se realizaron movimientos mandibulares de rumia, mas las pausas entre movimientos mandibulares de rumia menores a 20 segundos (Gibb *et al.*, 1999).

2.4.4. Consumo de materia seca

El consumo de materia seca se estimó utilizando alcanos como marcadores externos, en base al protocolo propuesto por Dove y Mayes (2006). Durante 12 días, se dosificaron los animales dos veces al día con una cantidad conocida de dotriacontano (C32) impregnado en pellets de celulosa. Los pellets se suministraron con un dosificador en la sala de ordeño. Durante los últimos 4 días de dosificación, se tomaron muestras de heces individuales dos veces por día. Las muestras fueron pesadas y secadas en estufa a 60° hasta peso constante y compuestas por animal. El muestreo de la pastura para determinar su contenido de alcanos C33 y C31 fue realizado mediante la técnica de “hand clipping” (Coates y Penning, 2000), en los últimos cuatro días de dosificación de alcanos, tomándose dos muestras individualizadas por vaca, una en el pastoreo de la mañana y otra en el de la tarde. Para ello se evaluó el tiempo de permanencia de los animales en las diferentes estaciones de pastoreo (Bailey y Provenza, 2008) y a través de la observación se tomaron muestras imitando lo consumido por el animal. Las muestras de pastura fueron pesadas y secadas en estufa a 60 durante 48 horas y compuestas por vaca. El consumo de concentrado fue estimado mediante oferta y rechazo, y se tomaron muestras dos días de mañana y de tarde para evaluar su contenido de alcanos. Las muestras de pastura, concentrado y heces fueron analizadas en el Laboratorio de Nutrición Animal de EMBRAPA, Bagé mediante análisis cromatográfico para obtener su contenido de alcanos (Oliveira 2004).

El consumo de materia seca de forraje de cada vaca fue estimado mediante la siguiente ecuación (Dove y Mayes 2006):

$$\text{Consumo (kg MS/vaca/día)} = \frac{\text{Heces C33/Heces C32} \times (\text{Dosis 32} + \text{S} + \text{S 32}) - \text{S} \times \text{S 33}}{\text{Forraje 33} - (\text{Heces 33/Heces 32} \times \text{Forraje 32})}$$

Donde:

Heces 31, 33 es la concentración del alcano C31 o C33 en las heces (mg/kg MS)

Heces 32 es la concentración del alcano C32 en las heces (mg/kg MS)

Dosis 32 es la cantidad de dosificada del alcano C32 (mg)

Forraje 31, 33 es la concentración del alcano C31 o C33 en el forraje (mg/kg MS)

Forraje 32 es la concentración del alcano C32 en el forraje (mg/kg MS)

S es la cantidad de suplemento consumido (kg MS/día)

S 31,33 es la concentración del alcano 31 o 33 en el suplemento (mg/kg MS)

S 32 es la concentración del alcano C32 en el suplemento (mg/kg MS)

2.4.5. Composición química de la pastura consumida

Las muestras de pastura obtenidas mediante “*hand clipping*” fueron analizadas en el Laboratorio de Nutrición Animal de EMBRAPA Bagé para determinar su contenido de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), cenizas (CZ), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS) y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) (AOAC 2000).

2.4.6. Producción y composición de leche

Diariamente se midió la PL en ambos ordeñes y dos días a la semana, cada 15 días, se tomaron muestras para composición química utilizando los medidores de producción (Waikato®). Las muestras de ambos días fueron colocadas en baño maría a 37°C durante 10 minutos y homogeneizadas para tomar alícuotas proporcionales a

la producción de cada ordeño, con las cuales se realizaron muestras compuestas por día y por vaca. Las mismas fueron conservadas con Bromopol – Lactopol® (2-bromo-2-nitro-1,3-propanediol) y remitidas al laboratorio para analizar concentración de grasa y proteína con un MilkoScan (Foss Electric®, 133b-Rajasthan, India).

2.4.7. Calendario experimental de determinaciones

En la Figura 4 se presenta el calendario de las mediciones que se realizaron en el experimento, y su ubicación temporal en el período experimental. El experimento tuvo una duración total de 4 semanas, y se denominó Período 1 a las dos primeras, y Período 2 a las dos últimas para su análisis.

Variable	Ubicación temporal			
Altura de la pastura	x	x	x	x
Composición botánica, % lámina y vaina	x (bloque 1)		x (bloque 2)	
Consumo de MS				x
Composición química de pastura consumida				x
Conducta en pastoreo	x	x	x	x
Producción y composición de leche	x	x	x	x
	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
	PERÍODO 1		PERÍODO 2	

Figura 4. Calendario experimental de mediciones. Las cruces representan los momentos en el tiempo en que se registraron los datos.

2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las distribuciones de alturas fueron descritas mediante indicadores de posición, dispersión y forma de la distribución. La mediana representa la posición central del conjunto de datos. Los cuartiles, son indicadores de posición e indican en que valor se concentran el 25 y el 75% de los datos en cada distribución. Como

indicadores de dispersión se presentan intervalo inter-cuartil, desvío estándar, varianza y rango, que a mayor valor indican mayor dispersión del grupo de datos. El sesgo es una medida de asimetría, si es positivo indica que la distribución tiene cola pesadas a la derecha mientras que si es negativo, la cola de la distribución es más pesada hacia la izquierda. La Curtosis (o apuntamiento de la distribución) indica cuan concentrados están los datos respecto de la media. Las formas de las distribuciones acumulativas fueron comparadas mediante la prueba de Kolmogorov - Smirnov para muestras independientes.

La composición botánica (porcentaje de Festuca, leguminosas, restos secos, otros), y los porcentajes de lámina y vaina de la Festuca, se caracterizaron de manera descriptiva por comparación de intervalos de confianza y para cada bloque por separado.

El efecto de la altura sobre los tiempos de pastoreo y rumia (minutos por día), producción (litros por día) y composición de leche (porcentaje de grasa y proteína) fueron analizados como medidas repetidas en el tiempo según el siguiente modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} + \delta_{ijk} + P_l + M_m(P_l) + (TM)_{im}(P_l) + \varphi_{ijklm}$$

Donde μ es la media poblacional, T es el efecto tratamiento, β el efecto bloque, ε_{ij} - es el error entre parcelas, δ_{ijk} - es el error entre animales, P el efecto período (primera o segunda quincena del experimento), $M_m(P_l)$ es el efecto de momento (semana para altura y producción de leche y momento de medición para tiempos de pastoreo y rumia) anidado en período, y $TM_{im}(P_l)$ es la interacción tratamiento-momento anidado en período.

El efecto de la altura sobre el consumo de MS y la composición química de la de la pastura consumida se analizaron según el modelo:

$$Y = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} + \delta_{ijk}$$

Donde: μ - es la media poblacional, T_i - es el efecto del i -ésimo tratamiento, β_j - es el efecto del j -ésimo bloque, ϵ_{ij} - es el error entre parcelas, δ_{ijk} - es el error entre animales

Se empleó el procedimiento Mixed del paquete estadístico SAS versión 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, 2008). Las medias de los efectos significativos fueron comparadas mediante el test de Tukey al 5%. La autocorrelación entre medidas repetidas en el tiempo fue ajustada según un modelo de tipo autoregresivo de orden 1. La elección entre los distintos modelos de autocorrelación se efectuó según el criterio de Akaike.

Para las variables tiempo de pastoreo, tiempo de rumia, producción de leche y consumo, se realizaron contrastes de tendencia lineal y cuadrática.

3. RESULTADOS

A continuación se presentan los principales resultados obtenidos para cada variable, así como las pruebas de comparación de medias por Tukey. El detalle de los análisis de varianza, se muestra en el Anexo 1.

3.1. ALTURA DE LA PASTURA

Las diferencias propuestas entre tratamiento fueron logradas ($P < 0,05$), con alturas de $10,60 \pm 0,34$, $7,51 \pm 0,24$, y $5,95 \pm 0,19$ cm (medias \pm error estándar) para los tratamientos Alto, Medio y Bajo, respectivamente.

La evolución de la altura durante los días de pastoreo para los diferentes tratamientos se presenta en la Figura 5.

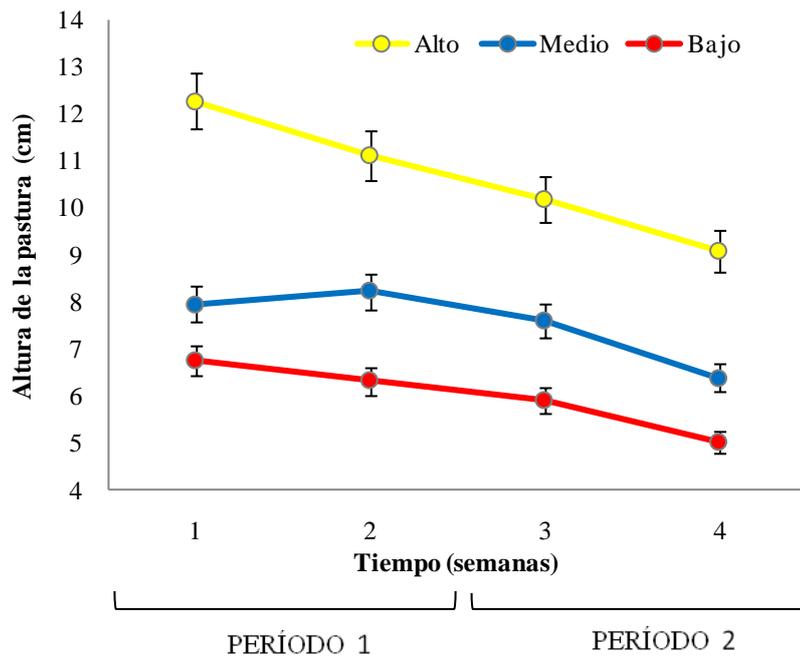


Figura 5. Evolución de la altura según intensidad de defoliación ($p < 0,05$) (medias y errores estándar). Alto = 11 cm, Medio = 7 cm, Bajo = 4 cm.

La evolución de la altura de la pastura para los tres tratamientos mostró cambios significativos durante el período experimental. La altura de la pastura en el tratamiento Medio en la última semana fue igual que la del tratamiento Bajo al inicio del experimento, dada la caída en alturas. Sin embargo, las diferencias entre tratamientos se mantuvieron durante todo el período.

Los parámetros descriptivos de las distribuciones de alturas generadas bajo cada tratamiento, se muestran en el Cuadro 3. El tratamiento Alto tiene una distribución de alturas más sesgada (su mediana es 1,7 cm menor que la media), mientras que en el tratamiento Bajo la mediana coincide exactamente con la media y el Medio se ubicó en una posición intermedia. Los cuartiles son indicadores de posición e indican en que valor se concentran el 25 y el 75% de los datos en cada distribución. Los indicadores de dispersión, intervalo inter-cuartil, desvío estándar y varianza muestran una dispersión de las alturas mucho mayor en el tratamiento Alto, disminuyendo la variación hacia los tratamientos Medio y Bajo. De la misma manera el rango va de mayor en el tratamiento Alto a menor en el Bajo. El sesgo es una medida de asimetría, en este caso, al ser positivos indican que las distribuciones tienen colas pesadas a la derecha. La Curtosis (o apuntamiento de la distribución) es mayor en el tratamiento Medio, mostrando que los datos de esta distribución se encuentran más concentrados cerca de la media.

Cuadro 3. Descriptores de la distribución de alturas de los tratamientos (promedio del período experimental). Alto = 11 cm, Medio = 7 cm, Bajo = 4 cm.

	Alto	Medio	Bajo
Media	10,7	7,6	6,0
Mediana	9	7	6
Cuartil 75%	13	9	7
Cuartil 25%	7	6	5
Intervalo inter-cuartil	6	3	2
Desvío estándar	5,4	2,8	2,2
Varianza	29,4	7,6	5,0
Rango	34	28	19
Sesgo	1,37	1,51	1,13
Curtosis	1,99	6,59	2,90

Los histogramas de distribución de densidades de las alturas, que ilustran lo descrito anteriormente se muestran en la Figura 6.

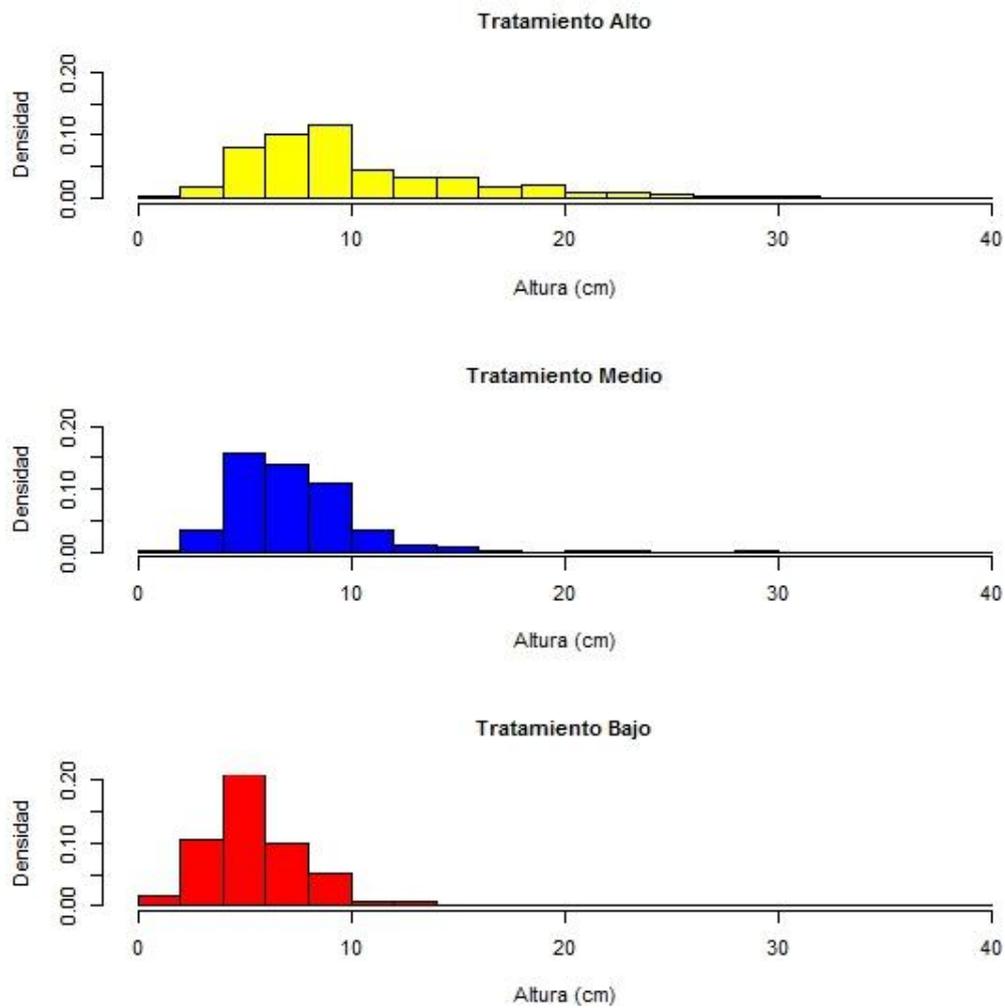


Figura 6. Histogramas de densidad de distribución de alturas por tratamiento. Alto = 11 cm, Medio = 7 cm, Bajo = 4 cm.

Las tres distribuciones fueron significativamente diferentes. En la Figura 6 se observa un mayor rango de alturas para el tratamiento Alto, con mayor heterogeneidad. El tratamiento Bajo presentó una mayor concentración de las mediciones en valores bajos, mientras que el tratamiento Medio tuvo un comportamiento intermedio.

Cuando las densidades de distribución de cada tratamiento se compararon entre períodos (Período 1= semana 1 y 2. Período 2 = Semana 2 y 3), también se encontraron diferencias significativas (Figura 7). Para los tres tratamientos, las alturas se mostraron más heterogéneas en el Período 1 que en el Período 2, lo cual coincide con una mayor altura promedio.

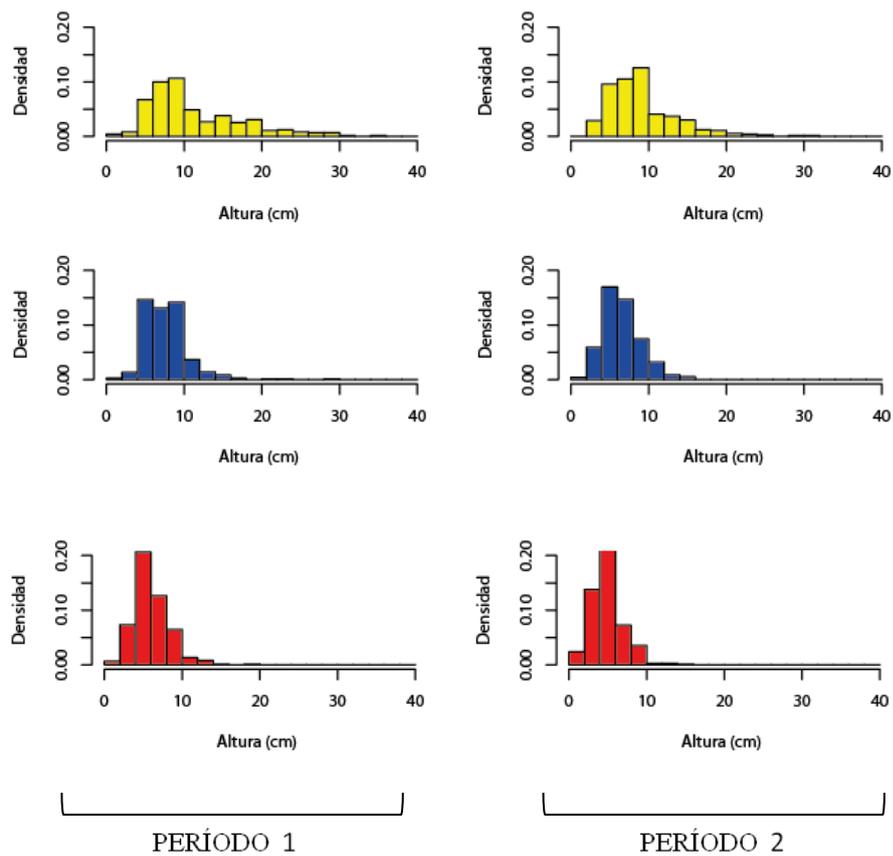


Figura 7. Histogramas de densidad de distribución de alturas por tratamiento para el período 1 y período 2. Alto = 11 cm, Medio = 7 cm, Bajo = 4 cm.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA Y PROPORCIÓN DE LÁMINA Y VAINA DE LA FESTUCA

La Festuca fue el componente con mayor porcentaje en el período 1, mientras que en el bloque o periodo 2, dominaron los restos secos. No se encontró diferencias en el porcentaje de Festuca entre tratamientos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Composición botánica de la pastura (porcentajes de Festuca, leguminosas restos secos (RS) y otros) según período y tratamiento. Alto = 11 cm, Medio = 7 cm, Bajo = 4 cm.

Período	Tratamiento	% Festuca	%Leguminosas	% RS	% otros
1	Alto	45,7 (39,0 - 52,5)	6,5 (2,2 - 10,9)	43,9 (37,9 - 49,8)	3,9 (-0,6 - 8,3)
	Medio	49,1 (39,0 - 59,2)	22,6 (10,2 - 35,0)	24,6 (19,6 - 29,5)	3,7 (-0,6 - 8,1)
	Bajo	41,3 (31,1 - 51,4)	12,0 (3,9 - 20,0)	43,3 (37,6 - 49,1)	3,4 (-1,4 - 8,2)
2	Alto	30,8 (22,3 - 39,2)	5,0 (1,8 - 8,2)	62,6 (53,9 - 71,3)	1,6 (0,5 - 10,8)
	Medio	30,5 (24,3 - 36,7)	12,3 (5,5 - 19,1)	51,7 (45,1 - 58,2)	5,5 (0,3 - 10,8)
	Bajo	24,8 (20,2 - 29,4)	12,1 (4,8 - 19,3)	60,0 (52,5 - 67,5)	3,1 (0,8 - 5,5)

Las leguminosas en el tratamiento Medio durante el período 1 estuvieron en mayor proporción que en los otros tratamientos, mientras que en el período 2, los tratamientos Medio y Bajo se diferencian del Alto. Los restos secos fueron menores en el tratamiento Medio en ambos períodos (Cuadro 4).

En el Cuadro 5 se muestra la composición de lámina y vaina de la Festuca de cada tratamiento.

Cuadro 5. Porcentaje de lámina y vaina (promedio de intervalos de confianza) según bloque y tratamiento. Alto = 11 cm, Medio = 7 cm, Bajo = 4 cm.

Período	Tratamiento	% Lámina	% Vaina
1	Alto	63,5 (56,5 - 70,5)	36,5 (29,5 - 43,5)
	Medio	73,7 (71,9 - 75,5)	26,3 (24,4 - 28,1)
	Bajo	65,4 (63,9 - 66,9)	34,6 (33,1 - 36,1)
2	Alto	60,5 (55,3 - 65,6)	39,6 (34,4 - 44,7)
	Medio	49,7 (46,8 - 52,6)	50,3 (47,4 - 53,2)
	Bajo	58,8 (53,2 - 64,3)	41,3 (35,7 - 46,8)

El tratamiento que se diferenció en porcentaje de lámina y vaina fue el Medio. En el período 1 (que fue medido en la primera quincena) tuvo una mayor proporción de lámina y menor proporción de vaina que los otros dos tratamientos. Sin embargo en el bloque 2 (medido en la segunda quincena) el comportamiento fue opuesto, teniendo una menor proporción de lámina que los otros tratamientos. Los tratamientos extremos (Alto y Bajo), no mostraron diferencia en % de lámina o vaina.

3.3. CONDUCTA EN PASTOREO

Los tiempos de pastoreo y rumia resultaron afectados por el tratamiento y el período de medición. No hubo efecto de la interacción tratamiento por período. Las medias para tiempo de pastoreo y rumia según tratamiento se muestran en la Figura 8. En los tratamientos Medio y Bajo las vacas incrementaron el tiempo dedicado al pastoreo ($P < 0,05$). Para tiempo de rumia, los animales pastoreando a mayores alturas presentaron valores más altos y significativamente diferentes del resto de los tratamientos ($P < 0,05$).

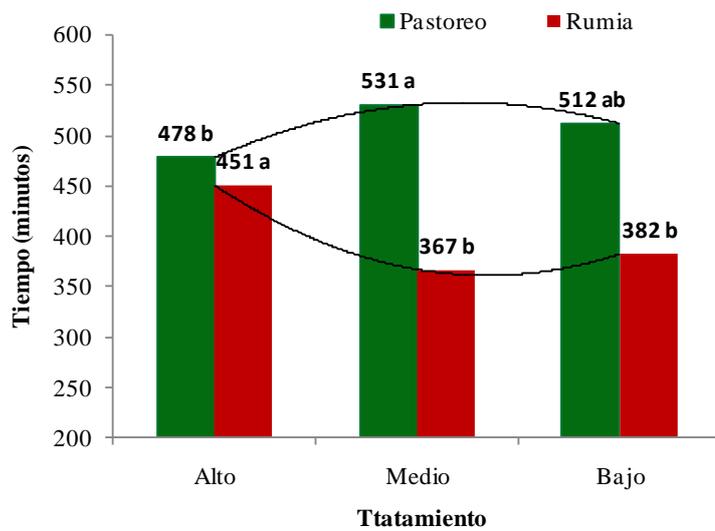


Figura 8. Tiempo de pastoreo y rumia según intensidad de defoliación, Medias obtenidas en el test de Tukey ($P < 0,05$). Bajo = 4 cm, Medio = 7 cm, Alto = 11 cm.

Los tiempos de pastoreo y rumia en los diferentes tratamientos mostraron cambios a lo largo del período experimental (Figura 9).

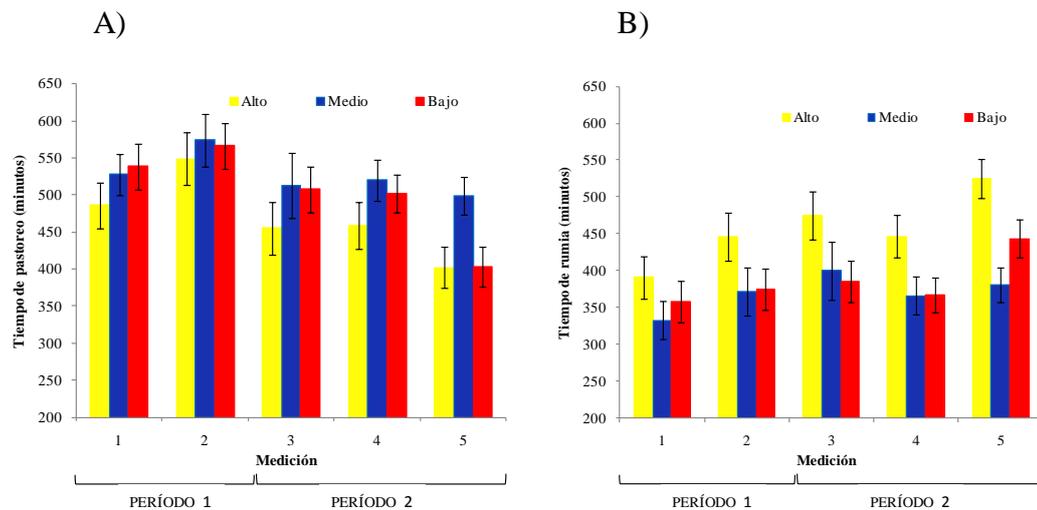


Figura 9. A) Evolución del tiempo de pastoreo según tratamiento y B) Evolución del tiempo de rumia según tratamiento. ($P < 0,05$). Bajo = 4 cm, Medio = 7 cm, Alto = 11 cm.

En las primeras dos mediciones no hubo diferencias entre tratamientos, sin embargo, en las mediciones (4 y 5) los animales del tratamiento Alto mostraron un tiempo de pastoreo significativamente menor que el tratamiento Medio. En la última medición se da un cambio importante, ya que el único tratamiento que mantuvo alto tiempo de pastoreo fue el Medio. También se encontró efecto del período sobre el tiempo de rumia. Para los tratamientos Bajo y Alto, el tiempo de rumia mostró una tendencia a aumentar con el paso del tiempo, mientras que se mantuvo estable para el tratamiento Medio, que fue el único capaz de mantener elevados tiempos de pastoreo. En la última medición se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos extremos para esta variable, Bajo y Medio.

3.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PASTURA SELECCIONADA

Los resultados de composición química de la pastura seleccionada se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Composición química de la pastura consumida (hand clipping), según altura de la pastura.

	Alto	Medio	Bajo
MO	88,18±0,37 a	86,81±0,37 a	87,33±0,37 a
CZ	11,82±0,37 a	13,19±0,37 a	12,67±0,37 a
PB	12,13±0,45 b	15,33±0,45 a	16,39±0,45 a
FDN	73,00±2,33 a	71,15±2,33 a	67,81±2,33 a
FDA	36,30±1,18 a	33,26±1,18 ab	31,67±1,18 b
DINV MO	49,57±1,38 b	52,20±1,38 ab	55,35±1,38 a
DINV MS	48,78± 1,58 b	50,88±1,58 ab	55,22±1,58 a

MO=materia orgánica, CZ=cenizas, PB=proteína bruta, FDN=fibra detergente neutro, FDA=fibra detergente ácido, DINV MS=digestibilidad *in vitro* de la materia seca, DINV MO=digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica. Bajo = 4 cm, Medio = 7 cm, Alto = 11 cm. Letras diferentes entre columnas muestran diferencias significativas por Tukey (P<0,05).

No se encontraron diferencias significativas para porcentaje de materia orgánica y cenizas entre tratamientos ($P < 0,05$). Para proteína bruta se encontraron diferencias entre el tratamiento Alto, con respecto a Bajo y Medio, con mayores contenidos de proteína en la pastura consumida para estos últimos. El porcentaje de FDN fue igual para todos los tratamientos, sin embargo, el contenido de FDA mayor en el tratamiento Alto con respecto al Bajo, con un contenido intermedio y sin diferencias del tratamiento Medio. Para las digestibilidades in vitro de MS y MO, el tratamiento Bajo tuvo valores significativamente mayores que el Alto, sin diferencias con el Medio.

3.5. CONSUMO DE MATERIA SECA ESTIMADO MEDIANTE N-ALCANOS

El tratamiento no afectó el consumo de MS de forraje ni el consumo de MS total, medido en kg de MS o como % del peso vivo (Cuadro 7). Los consumos individuales de pastura y totales calculados mediante los alcanos C31 y C33 se presentan en el Anexo 2.

Cuadro 7. Consumo de materia seca de pastura (kg de materia seca por día) estimado mediante la técnica de alcanos, utilizando el par C33/C32 y el par C31/C32.

	Alto		Medio		Bajo	
CMS pastura (C33)	19,3 ± 2,8	a	19,6 ± 2,8	a	18,3 ± 2,8	a
CMS pastura (C31)	17,2 ± 2,9	A	17,4 ± 2,9	a	16,8 ± 2,9	a
CMS pastura % PV (C33)	3,1 ± 0,4	A	3,3 ± 0,4	a	3,2 ± 0,4	a
CMS total (C33)	21,2 ± 2,8	A	21,5 ± 2,8	a	20,2 ± 2,8	a
CMS total % PV (C33)	3,4 ± 0,4	A	3,6 ± 0,4	a	3,5 ± 0,4	a

Bajo = 4 cm, Medio = 7 cm, Alto = 11 cm. Letras diferentes entre columnas muestran diferencias significativas por Tukey ($P < 0,05$).

3.6. PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE

No se obtuvieron diferencias significativas en producción de leche, leche corregida por grasa, porcentaje de proteína y porcentaje de grasa, entre tratamientos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Producción de leche, leche corregida por grasa (LCG), producción de proteína y grasa según tratamiento.

	Alto	Medio	Bajo
Producción de leche (L)	21,0 ± 0,6 a	20,5 ± 0,6 a	20,0 ± 0,6 a
LCG (L)	19,7 ± 0,6 a	19,6 ± 0,7 a	18,2 ± 0,6 a
Proteína (kg)	3,6 ± 0,3 a	3,4 ± 0,3 a	3,1 ± 0,3 a
Grasa (kg)	4,2 ± 0,6 a	4,0 ± 0,3 a	3,7 ± 0,3 a

Bajo = 4 cm, Medio = 7 cm, Alto = 11 cm. Letras diferentes entre columnas muestran diferencias significativas por Tukey (P<0,05).

Durante el período experimental la producción de leche mostró un marcado descenso, con 8,3, 8,9 y 8,3 L de diferencia entre la primera y la cuarta semana para los tratamientos Alto, Medio y Bajo, respectivamente (Figura 10). No se encontró interacción entre período y tratamiento.

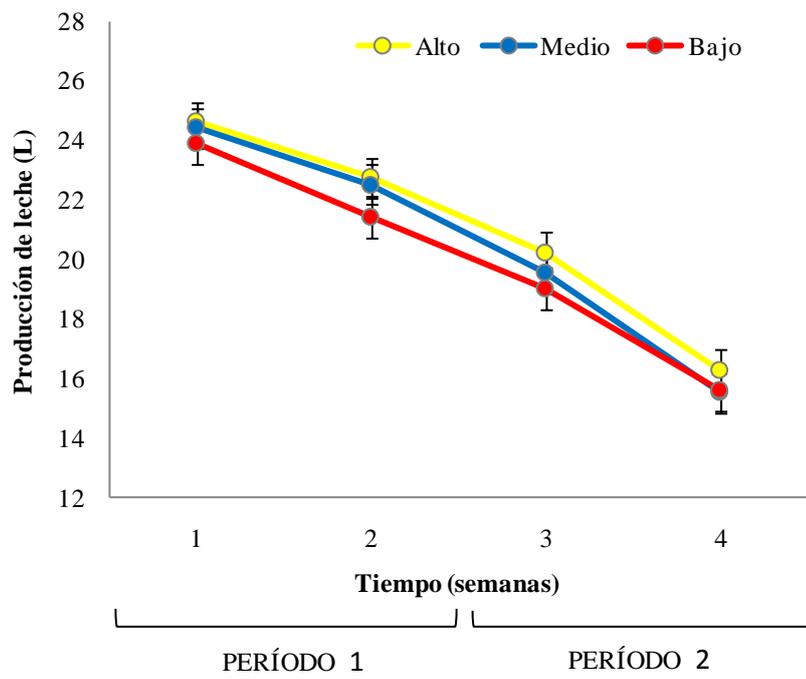


Figura 10. Evolución de la producción de leche según intensidad de defoliación ($P < 0,05$).

3.7. CONTRASTES DE TENDENCIA LINEAL Y CUADRÁTICA.

A continuación se presentan los valores de significancia de los contrastes de tendencia lineal y cuadrática para las variables tiempo de pastoreo, tiempo de rumia, consumo y producción de leche (Cuadro 9).

Cuadro 9. Niveles de significancia (P) de los contrastes de tendencia lineal y cuadrática para las variables tiempo de pastoreo, tiempo de rumia, consumo y producción de leche

Variable	Contraste	
	Lineal	Cuadrático
Tiempo de pastoreo	0,0145	0,0299
Tiempo de rumia	0,1622	<0,0016
Consumo	0,6437	0,6833
Producción de leche	0,2941	0,8307

Tomando como referencia un $P < 0,05$, se puede decir que la variable tiempo de pastoreo se ajustó tanto a una regresión lineal, como a una cuadrática, mientras que la variable tiempo de rumia tuvo un buen ajuste con una regresión cuadrática. Las variables consumo y producción de leche no tuvieron ajustes significativos con ninguno de los modelos probados.

A continuación se presentan las gráficas cuadráticas para estas variables en función de la altura de la pastura y las ecuaciones con sus coeficientes para cada caso.

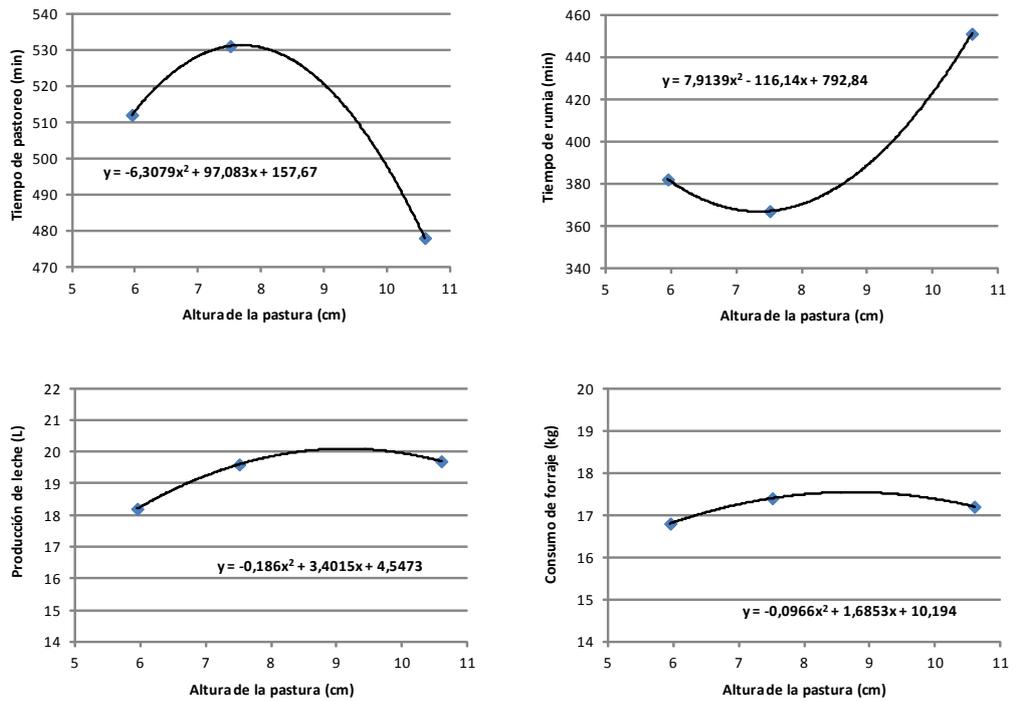


Figura 11. Gráficas de regresión cuadrática y términos de la ecuación, para las variables tiempo de pastoreo, tiempo de rumia, producción de leche y consumo de forraje en función de la altura de la pastura.

4. DISCUSIÓN

Para evaluar la respuesta de los animales, se logró mantener diferentes situaciones de alturas de la pastura, si bien las mismas estuvieron por encima de las alturas objetivo que eran 10, 7 y 4 cm para los tratamientos Alto, Medio y Bajo, respectivamente. Las alturas obtenidas fueron producto del pastoreo durante cinco meses previos al experimento, lo que permitiría plantear que dichas pasturas presentaron diferentes estructuras (Penning *et al.*, 1991), y diferencias en calidad (Curran *et al.*, 2010; O'Donovan y Delaby 2008). Sin embargo, los tratamientos bajo y medio se parecieron mucho en relación a su altura promedio, sobre todo en las semanas 1 y 4 del experimento. Si bien se detectaron diferencias significativas en el análisis estadístico, los tratamientos Medio y Bajo pueden haber sido muy parecidos desde el punto de vista biológico, en cuanto a lo que el animal puede percibir de pastura, lo cual plantea la interrogante de si en realidad hubo dos tratamientos en lugar de tres.

La evolución de la altura en todos los tratamientos durante el período experimental, fue producto de la interacción entre las condiciones ambientales y el consumo de los animales. En la Figura 11, se muestran los datos de precipitaciones y temperaturas medias históricas, y para el año 2008. La temperatura en el mes de noviembre de 2008 estuvo 4 grados por encima de la temperatura de la serie histórica, mientras que las precipitaciones fueron marcadamente inferiores, sobre todo entre setiembre y noviembre. Esta situación, que probablemente generó escaso o nulo crecimiento, no permitió mantener el balance deseado entre crecimiento de la pastura y consumo animal, por lo que los animales probablemente se alimentaron más del forraje acumulado durante los meses anteriores, que del rebrote generado en la etapa experimental, lo cual se evidencia en el descenso de la altura en todos los tratamientos.

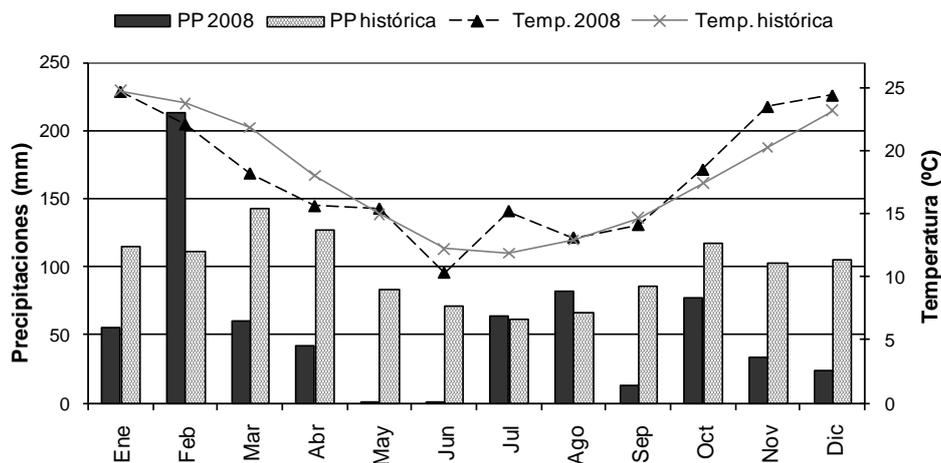


Figura 11. Precipitaciones y temperaturas históricas y para el año 2008. (Estación Meteorológica de Paysandú, Aeropuerto Chalking; 32°22'S-58°01'O).

El análisis de las distribuciones de las alturas aporta información relevante, ya que un mismo promedio puede ser resultado de diferentes grupos de datos. Incluso en sistemas de pastoreo “continuo” a nivel de planta o parte de la plantas el pastoreo es un proceso discreto (Chapman *et al.*, 2007) y el mosaico de parches que se genera como resultado depende de la relación entre la oferta y la demanda de pastura. En el presente experimento, el aumento de la relación oferta/demanda, al aumentar la altura promedio, generó mayor heterogeneidad. Los cambios en la intensidad de pastoreo generaron diferentes distribuciones de alturas, cada una con una masa residual característica, y una trayectoria de crecimiento diferente (Chapman *et al.*, 2007, Parsons *et al.*, 1999). Esto tiene impacto sobre el crecimiento promedio de la pastura, ya que el rebrote de la misma es la media del rebrote de cada parche individual, no el rebrote de la media de la biomasa y depende, por lo tanto, de la heterogeneidad (Chapman *et al.*, 2007). En casos extremos, cuando la oferta excede la demanda del animal y el control del proceso es mínimo, el mosaico de parches que se forma es extremo, lo que puede dar resultado a una distribución bimodal (Dumont *et al.*, 2002, Gibb *et al.*, 1997). En el caso del tratamiento Alto, si bien no llega a presentar una distribución bimodal, existe un rango mayor de alturas, con mayores

desvíos, y mayor concentración hacia la izquierda de la distribución, lo cual es indicador de mayor heterogeneidad.

La distribución de las alturas dentro de cada tratamiento confirma lo planteado en la hipótesis 1: Los tratamientos de intensidad de pastoreo generarán diferencias en los atributos de la pastura en cuanto a altura promedio y su distribución. Si bien los tratamientos Medio y Bajo son muy parecidos en cuanto a la altura promedio, las comparaciones de distribuciones detectaron diferencias en cuanto a la distribución horizontal (Figura 6).

Los datos de composición botánica aportan información relevante para continuar el análisis de las diferencias de estructura entre tratamientos. Sin embargo, dadas las diferencias climáticas y de altura promedio entre los momentos en que se tomaron las medidas en los bloques 1 y 2, los datos no pudieron considerarse como repeticiones espaciales, por lo que su valor es considerado como descriptivo. El hecho de que la Festuca haya sido el componente dominante en el bloque 1, mientras que en el bloque 2 dominaran los restos secos, tiene que ver con el momento en que se realizaron las medidas, ya que el bloque 2 se evaluó en la segunda quincena del experimento, y las condiciones de déficit hídrico fueron secando gradualmente la pastura, y disminuyendo el crecimiento. Los tratamientos Medio en el bloque 1, y Medio y Bajo en el bloque 2 tuvieron mejor balance gramíneas leguminosas. De todas maneras los porcentajes de leguminosas obtenidos son bajos, y concuerdan con estudios anteriores sobre porcentajes de leguminosas alcanzables en pasturas mixtas bajo ocupación continua (Caradus *et al.*, 1996). En cuanto al porcentaje de restos secos, en el tratamiento Alto, el alto porcentaje probablemente es resultado de la mayor tasa de senescencia de la pastura (Chapman *et al.*, 2007), mientras que en el tratamiento Bajo podrían relacionarse más con una mayor importancia de los restos secos acumulados en el estrato inferior en una pastura de muy baja disponibilidad.

La pastura presentó una mejor relación lámina/vaina en el tratamiento Medio para el bloque 1, por lo que la intensidad de pastoreo intermedia favorecería una mejor estructura en este sentido. Sin embargo, en el bloque 2 el resultado de la relación lámina/vaina fue opuesto. Considerando que no hubo efecto bloque sobre los resultados de altura de la pastura, ni efecto de la interacción tratamiento x bloque se podría hipotetizar que las variaciones en relación lámina/vaina fueron debidas a las condiciones en que se tomaron los datos. En este caso, una menor relación lámina/vaina para el bloque 2, podría deberse a que una pastura con una mejor estructura el este tratamiento Medio llevó a los animales a continuar pastoreando y a hacerlo por más tiempo, como se observó en los resultados de conducta, y con mayores posibilidades de seleccionar hoja, lo cual llevó a que la relación de los componentes lámina/vaina cambiara.

Los resultados obtenidos en este experimento en general concuerdan con trabajos publicados anteriormente. Holmes *et al.* (1992) encontraron que el nivel de digestibilidad de la pastura aumenta al disminuir la disponibilidad, debido a una mayor proporción de hoja y menor proporción de lámina y material senescente. Curran *et al.* (2010), en un experimento que duró 6 meses, encontraron diferencias en lámina o vaina luego de varios meses de pastoreo con mayor proporción de hojas en el horizonte superior (mayor a 4 cm) para las pasturas de baja disponibilidad y menor cantidad de material muerto en el horizonte inferior. La mayor proporción de leguminosas en el tratamiento Medio, menor proporción de restos secos y mayor relación lámina/vaina estarían indicando que esta intensidad genera una estructura más favorable para el pastoreo, con mayores probabilidades de seleccionar láminas y leguminosas, y por lo tanto de obtener una dieta de mayor calidad.

Como consecuencia de los diferentes tratamientos presentados a los animales, la calidad de lo consumido presentó diferencias en algunos de sus indicadores. La calidad en cuanto al contenido de PB y digestibilidad de la pastura consumida en el tratamiento Bajo, fue mayor comparada con el tratamiento Alto. El tratamiento Medio solo mostró mayor contenido de PB, siendo igual al tratamiento Bajo y mayor

que el Alto. El componente de la fibra que aumentó en el tratamiento Alto fue la hemicelulosa, dado que se observaron diferencias con respecto a los otros tratamientos en FDA pero no en FDN.

Los resultados obtenidos son coincidentes con estudios anteriores sobre la calidad de las pasturas bajo diferentes intensidades de defoliación, si bien en algunos casos la calidad fue medida sobre la pastura ofrecida, y no sobre la seleccionada, y en varios casos la calidad se relacionó a la FDN. En un estudio sobre características y calidad de parches, Cid y Brizuela, (1998), mostraron que la biomasa de sitios pastoreados más intensamente presenta mayor concentración de nitrógeno, y sus rebrotes son más digestibles (Illius *et al.*, 1987). Stakelum y Dillon (2004) encontraron un aumento en la digestibilidad de la materia orgánica consumida al disminuir la altura de la pastura, muy relacionada a la proporción de hoja verde en la dieta. O'Donovan y Delaby (2008) encontraron mayores valores de digestibilidad de la materia orgánica en pasturas recientemente pastoreadas y más bajas, lo que estuvo directamente relacionado con la mayor proporción de hoja de la misma. En el mismo experimento, luego de pastorear una pastura dejando residuos altos durante varios meses, el contenido de FDN de la misma aumentó, debido a las altas tasas de senescencia.

Una mayor calidad de la pastura consumida, como la obtenida en el tratamiento Bajo, puede deberse a una mayor calidad de la pastura accesible al animal, o a una mayor selección de la dieta. Ha sido demostrado anteriormente, que los animales prefieren fracciones de hoja y material verde (Minson 1990). Sin embargo, a alturas bajas existe mayor homogeneidad, como fue observado en este experimento, lo que implica que los animales tengan menor posibilidad de ejercer selección, pero la pastura a la que acceden tiene mejor calidad del rebrote y mayor relación lámina/vaina. Sumado a esto, el contenido de trébol presente en pasturas mixtas es difícil de mantener en proporciones mayores a 0,1 – 0,2 (Caradus *et al.*, 1996), lo cual es bajo para alcanzar los beneficios del trébol para mejorar la performance animal (Chapman *et al.*, 2007). Por lo tanto la mayor calidad de la

pastura consumida en el tratamiento Bajo en este experimento, probablemente se debe a una mayor calidad de la pastura en el horizonte pastoreado.

En el caso del tratamiento Alto, la menor calidad de lo consumido probablemente tenga relación con la baja calidad de la pastura ofrecida. Si bien estos animales tuvieron opción de seleccionar más, por la mayor heterogeneidad de la pastura, las condiciones extremas de calor y falta de agua, pueden haber provocado que pastorearan muy intensamente los parches bajos al principio (Chapman *et al.*, 2007), pero hacia el final del experimento, cuando fue realizada esta medición, debieran recurrir a pasturas más maduras y fibrosas, con menor digestibilidad.

En síntesis, en cuanto a calidad de la dieta consumida, se confirma lo planteado en la hipótesis 2, ya que la misma varió con las características de la pastura. Las diferencias observadas, probablemente son el resultado de la interacción entre el conocimiento previo del animal acerca de la pastura, sus necesidades, y las restricciones que impone la propia pastura y las condiciones climáticas. Un dato que no fue registrado y que hubiera contribuido a este análisis es la composición de la pastura ofrecida, si bien los antecedentes de la literatura presentados anteriormente son consistentes en que se esperaría encontrar diferencias para ese rango de alturas.

Como consecuencia de los tratamientos impuestos, los animales mostraron diferentes estrategias de pastoreo. El tratamiento Alto, mostró un menor tiempo de pastoreo, lo cual clásicamente podría asociarse a la posibilidad de obtener bocados de mayor tamaño (Penning *et al.*, 1994, Gibb, 2006). Los animales en pasturas más bajas, debieron compensar permaneciendo más tiempo pastoreando. Estos resultados concuerdan con los de Gibb *et al.*, 1997 que trabajando con vacas lecheras en ocupación continua de *Lolium perenne* a 5, 7 y 9 cm encontró una tendencia a disminuir el tiempo de pastoreo a mayor altura. El mayor tiempo de rumia para los animales del tratamiento Alto se debe en este caso a un mayor consumo de fibra, que requiere mayor tiempo de procesamiento por parte del animal (Van Soest, 1994).

Cuando la conducta en pastoreo fue analizada a lo largo del tiempo, se evidencia que los animales no presentaron las mismas estrategias al inicio que al fin del experimento. Esto se debe a que las condiciones climáticas fueron cambiando, restringiendo el crecimiento de la pastura, y cambiando su calidad y composición en términos de relación lámina/vaina. El tiempo de pastoreo solo se diferenció entre tratamientos en las últimas dos mediciones. El hecho de que el único grupo que pudo mantener alto tiempo de pastoreo fuera el Medio, estaría indicando que los animales del tratamiento Bajo, enfrentaron hacia el fin del experimento condiciones que no les permitieron mantenerse pastoreando por más tiempo. Wade (1991), Chilbroste *et al.* (2007), encontraron que el tallo es un obstáculo para aumentar el consumo de pasto cuando los animales son obligados a pastorear dejando residuos bajos. En dichas condiciones, las señales captadas por el animal desde el ambiente (clima y pastura) e internas (balance energético), deben haber indicado que el aumento en tiempo de pastoreo no compensaría con consumo las pérdidas energéticas necesarias (Roche *et al.*, 2008). Curran *et al.* (2010) trabajando con vacas lecheras encontraron menores consumos al disminuir la asignación, si bien en ese estudio no se midió tiempo de pastoreo, la disminución en consumo sugiere que las vacas fueron llevadas al límite en el cual los pseudotallos limitan el consumo de pastura.

La evolución de la rumia, complementó la evolución en el tiempo de pastoreo. El aumento en tiempo de rumia de los tratamientos para el tratamientos Alto y Bajo al transcurrir las semanas, se relaciona un descenso de la calidad de la pastura consumida. En el caso del tratamiento Bajo en el que la pastura presentó una distribución de alturas más concentrada y con valores bajos, esta disminución de la calidad probablemente se deba a que se haya llegado al límite de la vaina, teniendo que consumir material más fibroso. Por otra parte, en el tratamiento Alto, con una distribución de alturas más heterogénea, puede deberse a la necesidad de consumir parches más altos, dado el escaso crecimiento y las limitantes al consumo impuestas por los parches más bajos.

Si bien hubo diferencias en los componentes del comportamiento ingestivo, los consumos alcanzados fueron iguales. Las condiciones ambientales probablemente afectaron los resultados, ya que el ambiente generado fue restrictivo para la producción de pastura y leche, acortando las diferencias entre tratamientos. Las estimaciones de consumo mediante alcanos requieren condiciones de estabilización de la concentración del alcano dosificado en el tracto gastrointestinal (Mayes y Dove, 2000). En el presente experimento pueden no haberse obtenido debido a las condiciones cambiantes con los días, o la gran proporción del tiempo que los animales no pastorearon los últimos días provocando situaciones de ayuno y cambios en el tránsito del tracto gastrointestinal. Otro aspecto que puede haber condicionado la ausencia de diferencias en consumo de MS es la gran variabilidad individual, lo que se observa en la magnitud de los errores estándar.

Sin embargo, más allá de la ausencia de diferencias entre tratamientos, parece muy importante el análisis de los valores de consumo alcanzados en todos los tratamientos, ya que los mismos fueron altos, sobre todo si se tiene en cuenta que las condiciones ambientales fueron muy restrictivas. Más allá de las consideraciones que puedan hacerse acerca del ajuste de la técnica de alcanos en condiciones tan variables, dichos valores son lógicos cuando se integran los resultados de producción de leche. Para tener una referencia numérica de qué valores de consumo son esperables para alcanzar dichos niveles de producción, se realizó una estimación de consumo según NRC (2001) para vacas lecheras en producción, utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{CMS (kg/d)} = (0,372\text{LCG} + 0,0968\text{PV}^{0,75}) \times (1 - \exp^{-0,192(n+3,67)})$$

Donde:

- CMS es el consume de material seca en kg/día
- LCG es la leche corregida por grasa 4 %
- $\text{PV}^{0,75}$ es el peso metabólico

Dicha ecuación, si bien se basa en requerimientos, incluye únicamente factores del animal y no realiza corrección por temperatura y humedad, ni incluye términos relativos al pastoreo y caminata. Los valores individuales obtenidos mediante dicha estimación se presentan en el Cuadro 9, conjuntamente con los valores de consumo de materia seca total (forraje más concentrado) obtenidos con el alcano C31 y la diferencia entre ambas estimaciones.

Cuadro 9. Estimación individual del consumo de materia seca total, mediante el alcano C31 y según NRC 2001 y diferencia entre las estimaciones. Alto = 11 cm, Medio = 7 cm, Bajo = 4 cm.

Vaca	Tratamiento	Consumo	Consumo NRC	Diferencia
147	Alto	15,7	16,2	-0,56
319	Alto	24,1	17,4	6,67
329	Alto	25,3	17,5	7,75
364	Alto	16,9	15,6	1,30
409	Alto	16,8	17,4	-0,51
422	Alto	15,6	16,7	-1,09
205	Medio	19,3	16,3	3,02
223	Medio	16,0	15,5	0,44
302	Medio	17,3	17,4	-0,17
311	Medio	23,7	17,4	6,32
416	Medio	19,9	17,3	2,58
417	Medio	19,5	13,9	5,63
250	Bajo	14,0	15,2	-1,18
264	Bajo	18,9	16,1	2,76
314	Bajo	16,3	15,2	1,09
341	Bajo	24,7	17,1	7,61
412	Bajo	21,7	16,2	5,52
450	Bajo	16,5	15,5	1,04
PROMEDIO		19,0	16,3	2,68

En primer lugar, es interesante ver que los consumos promedio alcanzados por ambos métodos presentan una diferencia de 2,68 kg, en favor de la estimación mediante alcanos lo cual representa un 16,4% del consumo promedio. Si tenemos en cuenta que la estimación realizada por NRC no tiene en cuenta el aumento de requerimientos por actividad de pastoreo y por temperatura, las diferencias podrían

incluso acortarse. Sin embargo, tampoco considera que parte de la energía destinada a producción de leche pueda provenir de las reservas corporales del animal, lo cual disminuiría el valor de consumo por NRC. Por otro lado, como era esperable, la variabilidad que se puede observar en los datos calculados a partir de NRC es menor a la de los datos obtenidos mediante alcanos, debido a que es una estimación realizada a partir de resultados productivos y características de los animales, que no tiene las dificultades de una estimación más directa como es la técnica de alcanos.

La ausencia de respuesta en producción de leche frente a cambios en la altura de la pastura concuerda con la ausencia de respuesta en consumo de forraje. Además de los mecanismos de conducta empleados por los animales para igualar el consumo, como el aumento en el tiempo de pastoreo o el aumento en la tasa de bocado (que no fue medido en este experimento) esto podría explicarse porque los animales se encontraban en lactancia avanzada y gestación, funciones que asumen la prioridad en el uso de la energía frente a la lactancia. Esto concuerda con antecedentes que han demostrado que la respuesta en producción de leche ante cambios en la pastura, es altamente dependiente de su estado fisiológico (Gibb *et al.*, 1999). En los casos en que se encontró respuesta en producción de leche al cambiar las características de la pastura (Curran *et al.*, 2010), esta estuvo relacionada a cambios en el consumo. En esos casos los animales que se encontraban en condiciones climáticas mucho menos extremas, con mayores precipitaciones y menores temperaturas, sobre pasturas con menores niveles de fibra (40% FDN) de entre 10 y 15 cm de altura pre-pastoreo, en lactancias menos avanzadas (primer y segundo tercio) y con mayores niveles de producción (24 L/vaca/día).

Retomando la hipótesis 2, hubo diferencias en cuanto a las estrategias en conducta desarrolladas por los animales Sin embargo, en cuanto a consumo de materia seca y producción de leche no se encontraron diferencias como se esperaba, lo cual plantea la interrogante de que fue lo que ocurrió en este experimento que marcó la diferencia con trabajos anteriores.

En contraposición con este experimento, en el que no se detectaron diferencias en CMS al variar las condiciones de la pastura, otros estudios han reportado efectos claros de la asignación y/o la disponibilidad sobre el CMS (Wales, 1999). Stakelum y Dillon (2004); Curran *et al.*, (2010), encontraron efecto positivo de la asignación de forraje, pero no de la disponibilidad sobre el consumo de vacas lecheras. Probablemente, el aumento del tiempo de pastoreo en pasturas bajas, se haya expresado como mecanismo de compensación para obtener consumos iguales en el tratamiento Medio. Ha sido estudiado que los animales muestran una gran plasticidad en comportamiento y son capaces de alcanzar consumos similares en pasturas diferentes, aumentando el tiempo de pastoreo, para compensar diferencias en tasas de consumo (Gibb, 1997, Penning *et al.*, 1995).

Si se calculan las tasas de consumo (CMS dividido tiempo de pastoreo en horas) para este experimento se obtienen valores de 2,16, 1,97 y 1,97 kg MS/vaca/hora para los tratamientos Alto, Medio y Bajo, respectivamente. Dalley (1999) pastoreando raigrás perenne con vacas en lactancia temprana en primavera con asignaciones de entre 20 y 70 kg MS/vaca/día obtuvo tasas de consumo de entre 1,5 y 2,2 kg MS/vaca/hora. Marotti 2004, encontró tasas de consumo de 2,04 para gramíneas puras, y de 2,38 para pasturas mezcla de gramíneas y leguminosas. Stakelum y Dillon (2004), obtuvieron tasas de entre 1 y 1,5, entre primavera y otoño, sobre raigrás perenne. Gibb *et al.* (1997) en sistemas de ocupación continua de gramíneas entre 5 y 9 cm, encontró tasas de consumo de vacas lecheras de entre 1,29 y 1,41 kg MS/vaca/hora. Las tasas de consumo en este experimento, para cualquiera de los tratamientos son muy similares a las obtenidas en otros experimentos como el de Dalley (1999) para altas asignaciones y con animales en lactancia temprana, o sea en mejores condiciones para obtener altas tasas de consumo. Si las comparamos con las de Gibb *et al.* (1997), que manejó alturas similares, las tasas de consumo para este experimento son mucho más altas.

A partir de lo analizado anteriormente sobre los datos de consumo y comportamiento, surgen algunas interrogantes. Por un lado, ¿cómo lograron los

animales consumir altas cantidades de materia seca, y alcanzar altas tasas de consumo en condiciones de pastura y clima tan restrictivas? Por otro lado, ¿por qué no se detectaron diferencias en consumo entre tratamientos, cuando a partir de los antecedentes se esperaría una respuesta cuadrática para las alturas bajo estudio? Por un lado, esto podría explicarse porque los animales venían pastoreando durante casi seis meses en las mismas parcelas, con lo cual no fueron expuestos a una situación nueva de pastura, sino que ya tenían un conocimiento previo importante sobre el potrero y la distribución de los recursos en el mismo, lo que les permitió mantener altos consumos aun en condiciones muy restrictivas. Por otro lado, estos animales venían de muy buenas condiciones nutricionales en los meses anteriores, y con altas producciones de leche. A esto se le suma que continuaron consumiendo 1,88 kg de MS de concentrado durante el experimento, lo cual puede haber sido un estímulo para la producción de leche, pero al mismo tiempo, al no ser aumentado, también puede haber actuado como señal que promueva el consumo de pastura con el objetivo de mantener la producción. Por lo tanto, las señales metabólicas se encontraban dirigidas en ese sentido y les puede haber costado tiempo adaptarse al nuevo escenario, dado que el cambio en el metabolismo requiere un tiempo de adaptación. A partir de lo expuesto anteriormente, podría plantearse que, en estos animales existió una estrategia de pastoreo que fue producto de la interacción de la memoria metabólica con la memoria espacial.

5. CONCLUSIONES

El manejo de diferentes intensidades de pastoreo en función de la altura genera pasturas diferentes en términos de distribución de las alturas y composición botánica. En el rango estudiado, al manejar la pastura a mayor altura promedio se genera una mayor heterogeneidad de parches de pastoreo.

Los animales modifican su conducta en pastoreo al variar la intensidad de pastoreo en base a la altura de la pastura. Al disminuir la altura, los animales aumentan el tiempo de pastoreo como mecanismo de compensación del consumo. Animales pastoreando en pasturas bajas en condiciones muy restrictivas, obtienen dietas de mayor calidad, debido a la mayor calidad de la pastura disponible. El aumento del tiempo de pastoreo como principal mecanismo de compensación del consumo, hace que no se expresen diferencias en consumo o producción de leche en respuesta a la intensidad de pastoreo.

Las estrategias de pastoreo desarrolladas por los animales son producto de la interacción entre la memoria metabólica y la memoria espacial. Esto hace amortiguar las respuestas en variables como consumo y producción de leche frente a variaciones ambientales provocadas por los tratamientos o por efectos climáticos, sobre todo cuando los animales vienen de períodos prolongados de acostumbamiento a un estado nutricional o tienen mucho conocimiento previo sobre su hábitat.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Allden WG, Whittaker IAMcD. 1970 The determinants of herbage intake by grazing sheep: Interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. *Australian Journal of Agricultural Science*, 21: 755-766.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2000. *Official Methods of Analysis*. 17th edition. Washington. 28p.
- Arosteguy JC. 1982. The dynamics of herbage production and utilization in swards grazed by cattle and sheep. [Tesis de doctorado]. Edinburgh: University of Edinburgh. 268p.
- Bailey DW, Provenza FD. 2008. Mechanisms determining large-herbivore distribution. En: Prins HT, Van Langevelde F. (Eds.). *Resource Ecology: Spatial and Temporal Dynamics of Foraging*. 7-28.
- 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.
- Bargo F, Muller LD, Kolver ES, Delahoy JE. 2003. Invited Review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *Journal of Dairy Science*, 86:1-42.
- Barthram GT. 1986. Experimental techniques: the HFRO sward stick. En: Alcock, MM. (Eds.). *Biennial Report of the Hill Farming Research Organisation*. Penicuik: Hill Farming Research Organisation. 29–30

- Baumont R, Prache S, Meuret M, Morand-Fehr P. 2000. How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: a review. *Livestock Production Science*, 64: 15-28.
- Ben-haj-Salah M, Tardieu F. 1995. Temperature affects expansion rate of maize leaves without change in spatial distribution of cell length. *Plant Physiology*, 109: 861-870.
- 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.
- Caradus JR, Woodfield DR, Stewart AV. 1996. Overview and vision for white clover. En: Woodfield, DR. (Ed.). *White clover: New Zealand's competitive edge*. Agronomy Society New Zealand. Special Publication N° 11. Grassland Research and Practice Series N° 6. Palmerston North: New Zealand Grassland Association. 1-6.
- Carvalho PCF. 2013. Can grazing behaviour support innovations in grassland management? En: Michalk DL, Millar GD, Badgery WB, Broadfoot KM (Eds.). *Proceedings of the 22nd International Grassland Congress*. New South Wales: New South Wales Department of Primary Industry. 1134-1148
- 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. En: Baker MJ. (Ed.). *Grassland of our World*. Wellington: SIR Publishing. 55-64.

- Chico MC. 2007. Estrategias de pastoreo y producción de leche de vacas Holando sometidas a cambios en la oferta de forraje en primavera. [Tesis de grado] Montevideo: Facultad de Agronomía. 59 pp.
- Chilibroste P, Soca P, Mattiauda DA, Bentancur O, Robinson PH. 2007. Short-term fasting as tool to design effective grazing strategies for lactating dairy cattle: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47: 1-10.
- Chilibroste P. 1999. Grazing time: the missing link. A study of the plant-animal interface by integration of experimental and modelling approaches. [Tesis de doctorado]. Wageningen: Wageningen University. 190p.
- Chilibroste P, Soca P, Mattiauda DA. 1999. Effect of the moment and length of the grazing session on: 1. Milk production and pasture depletion dynamics. En: De Moraes A, Nabinger C, Carvalho P, Alves S, Lustosa S (Eds.). *Anais do Simposio Internacional "Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology"*. Curitiba: Imprensa da Universidade Federal do Paraná. 292-295.
- Cid MS, Brizuela MA. 1998. Heterogeneity in tall fescue pastures created and sustained by cattle grazing. *Journal of Range Management*, 51: 644-649.
- Clark DA, Chapman DF, Land CA, Dymock N. 1984. Defoliation of *Lolium perenne* and *Agrostis spp.* Tillers, and *Trifolium repens* stolons in set-stocked and rotationally grazed hill pastures. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 27: 289-301.
- Coates DB, Penning P. 2000. Measuring Animal Performance. En: L 't Mannetje, Jones RM. (Eds.). *Field and Laboratory methods for grassland and animal production research*. Wallingford: CAB International. 353-402.

- Curran J, Delaby L, Kennedy E, Murphy JP, Boland TM, O'Donovan M. 2010. Sward characteristics, grass dry matter intake and milk production performance are affected by pre-grazing herbage mass and pasture allowance. *Livestock Science*, 127: 144–154.
- Dalley DE, Roche JR, Grainger C, Moate PJ. 1999. Dry matter intake, nutrient selection and milk production of dairy cows grazing rainfed perennial pastures at different herbage allowances in spring. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 39: 923-931.
- Dove H, Mayes RW. 2006. Protocol for the analysis of n-alkanes and other plant-wax compounds and for their use as markers for quantifying the nutrient supply of large mammalian herbivores. *Nature Protocols*, 1: 1680-1697.
- Dumont B, Carrere P, D'our P. 2002. Foraging in patchy grasslands: Diet selection by sheep and cattle is affected by the abundance and spatial distribution of preferred species. *Animal Research*, 51: 367–381.
- Edwards GR, Newman JA, Parsons AJ, Krebs JR. 1997. Use of cues by grazing animals to locate food patches: an example with sheep. *Applied Animal Behaviour Science*, 51: 59-68.
- Faber AC. 2012. Estructura espacial y selectividad de parches en pasturas de festuca alta pastoreadas a diferente altura remanente. [Tesis de Maestría]. Montevideo: Facultad de Agronomía. 110p.
- Faverdin P, Baumont R, Ingvarthsen KL. 1995. Control and prediction of feed intake in ruminants. En: Journet M, Grenet E, Farce MH, Thériez M, Demarquilli C. (Eds.). *Proceedings of the IVth International Symposium on the Nutrition of Herbivores, Recent Developments in the Nutrition of herbivores*. Paris: INRA Editions. 95-120.

- Forbes TDA. 1988. Researching the plant-animal interface: The investigation on ingestive behavior in grazing animals. *Journal of Animal Science*, 66: 2369-2379.
- Gastal F, Bélanger G, Lemaire G. 1992. A model of leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. *Annals of Botany*, 70: 437-442.
- Gibb M. 2006. Grassland management with emphasis on grazing behaviour. En: Elgersma A, Dijkstra J, Tamminga S. (Eds.). *Fresh Herbage for Dairy Cattle*. Netherlands: Springer. 141-157.
- Gibb M, Huckle, C Nuthall R, Rook A. 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(4): 269-287.
- Gibb MJ, Huckle CA, Nuthall R, Rook AJ. 1997. Effect of sward surface height on intake and grazing behavior by lactating Holstein Friesian cows. *Grass and Forage Science*, 52: 309-321.
- Gordon IJ. 1995. Animal-based techniques for grazing ecology research. *Small Ruminant Research*, 16: 203-214.
- Hirata M. 2000. Quantifying spatial heterogeneity in herbage mass and consumption in pastures. *Journal of Range Management*, 53: 315–321.
- Hodgson J, Da Silva S. 1999. Sustainability of grazing systems: Goal, concepts and methods. En: De Moraes A, Nabinger C, Carvalho P, Alves S, Lustosa S. (Eds.). *Anais do Simposio Internacional “Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology”*. Curitiba: Imprensa da Universidade Federal do Paraná. 10-22.

- Hodgson J. 1969. The use of sheep fitted with oesophageal fistulate in grazing studies. *Journal of the British Grassland Society*, 24: 325 – 332.
- Hodgson J, Ollerenshaw JH. 1969. The frequency and severity of defoliation of individual tillers in set-stocked swards. *Journal of the British Grassland Society*, 24: 226-234.
- Holmes CW, Hoogendoorn CJ, Ryan MP, Chu ACP. 1992. Some effects of herbage composition, as influenced by previous grazing management, on milk production by cows grazing on ryegrass/white clover pastures 1. Milk production in early spring; effects of different regrowth intervals during the preceding winter period. *Grass and Forage Science*, 47: 309 – 315.
- Holmes CW. 1987. Pastures for dairy cows. En: Nicol (Ed.). *Feeding livestock on pasture*. New Zeland Society of Animal Production. 133-145.
- Illius W, Wood-Gush DGM, Eddison JC. 1987. A study of the foraging behaviour of cattle grazing a patchy sward. *Biology of Behaviour*, 12: 33-44.
- Ingvarsten KL. 1994. Models of voluntary food intake. *Livestock Production Science*, 39: 19-38.
- King KR, Stockdale CR. 1984. Effects of pasture type and grazing management in autumn on the performance of dairy cows in late lactation and on subsequent pasture productivity. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 24: 312–21.
- Kolver ES. 2003. Nutritional limitations to increased production on pasture-based Systems. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62: 291–300.

- Laca EA. 2008. Foraging in a heterogeneous environment. Intake and diet choice. En: Prins H, Van Langevelde F, (Eds.). Resource Ecology: Spatial and Temporal Dynamics of Foraging. Netherlands: Springer. 81-100.
- Laca EA, Distel AD, Griggs TC, Demment MW. 1994. Effects of canopy structure on patch depression by grazers. *Ecology*, 75: 706-716.
- Launchbaugh K, Walker J. 2013. Managing Grazing Behavior to Accomplish Livestock Production and Environmental Goals. *Journal of Rangeland Applications*, 1: 1-6.
- Leaver JD. 1985. Milk production from grazed temperate grassland. *Journal of Dairy Research*, 52: 313-344.
- 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. 1999. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilisation. 1999. En: De Moraes A, Nabinger C, Carvalho P, Alves S, Lustosa S. (Eds.). *Anais do Simposio Internacional "Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology"*. Curitiba: Imprensa da Universidade Federal do Paraná. 165-186.
- Lemaire G, Chapman DF. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. En: Hodgson J, Illius AW. (Eds.). *The ecology and management of grazing systems*. Wallingford: CAB International. 3-36.
- Marotti DM. 2004. Behavioural limitations to pasture intake of ruminants. [Tesis de doctorado]. Melbourne: University of Melbourne. 227p.

- Matthew C, Assuero SG, Black CK, Sackvielle Hamilton NR. 1999. Tiller dynamics of grazed swards. En: De Moraes A, Nabinger C, Carvalho P, Alves S, Lustosa S. (Eds.). Anais do Simposio Internacional “Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology”. Curitiba: Imprensa da Universidade Federal do Paraná. 109-133.
- Mayes RW, Dove H. 2000. Measurement of dietary nutrient intake in free-ranging mammalian herbivores. *Nutrition Research Reviews*, 13: 107-138.
- Minson DJ. 1990. Forage in Ruminant Nutrition. En: Cunha TJ. (Ed.). San Diego: Academic Press. 483p.
- O'Donovan M, Delaby L. 2008. Sward characteristics, grass dry matter intake and milk production performance is affected by timing of spring grazing and subsequent stocking rate. *Livestock Production Science*, 115: 158–168.
- Oliveira DE. 2004. Determinação de alcanos - Manual de extração e análise cromatográfica em forragens, concentrados e fezes. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. 30p.
- Parsons AJ, Dumont B. 2003. Spatial heterogeneity and grazing processes. *Animal Research*, 52: 161–179.
- Parsons AJ, Chapman DF. 2000. The principles of pasture growth and utilisation. . En: Hopkins A. (Ed.) *Grass: Its production and utilisation*. Oxford: Blackwell Science. 31–89.
- Parsons AJ, Carrère P, Schwinning S. 1999. Dynamics of heterogeneity in a grazed sward. En: De Moraes A, Nabinger C, Carvalho P, Alves S, Lustosa S. (Eds.). Anais do Simposio Internacional “Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology”. Curitiba: Imprensa da Universidade Federal do Paraná. 187-214.

- Parsons AJ, Newman JA, Penning PD, Harvey A, Orr RJ. 1994. Diet preference of sheep: Effects of recent diet, physiological state, and species abundance. *Journal of Animal Ecology*, 63: 465–478.
- Penning PD, Parsons AJ, Orr RJ, Harvey A, Champion RA. 1995. Intake and behaviour responses by sheep, in different physiological states, when grazing monocultures of grass or white clover. *Applied Animal Behaviour Science*, 45: 63–78.
- Penning PD, Parsons AJ, Orr RJ, Hooper GE. 1994. Intake and behaviour responses by sheep to changes in sward characteristics under rotational grazing. *Grass and Forage Science*, 49: 476-486.
- Penning PD, Rook AJ, Orr RJ. 1991. Patterns of ingestive behaviour of sheep continuously stocked on monocultures of ryegrass or white clover. *Applied Animal Behaviour Science*, 31: 237–250.
- Provenza F. 1995. Postingestive feedback as an elementary determinant of food selection and intake in ruminant. *Journal of Range Management*, 48: 2-17.
- Roche JR, Blache D, Kay JK, Miller DL, Sheahan AJ, Miller DW. 2008. Neuroendocrine and physiological regulation of intake with particular reference to domesticated ruminant animals. *Nutrition Research Reviews*, 21: 207–234.
- 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.

- Rutter SM. 2000. Graze: a program to analyse recordings of jaw movements of ruminants. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, 32: 86-92.
- Rutter SM, Champion RA, Penning PD. 1997. An automatic system to record foraging behaviour in free-ranging ruminants. *Applied Animal Behaviour Science*, 54: 185-195.
- Scarlato, S. 2011. Conducta de vacas de cría en pastoreo de campo nativo, efecto de la oferta de forraje sobre la expresión del patrón temporal y espacial de pastoreo. [Tesis de Maestría]. Montevideo: Facultad de Agronomía. 64p.
- Shipley LA, Gross, JE, Spalinger DE, Hobbs NT, Wunder BA. 1994. The scaling of intake rate in mammalian herbivores. *American Naturalist*, 143: 1055-1082.
- Stakelum P, Dillon P. 2004. The effect of herbage mass and allowance on herbage intake, diet composition and ingestive behaviour of dairy cows. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 43: 17–30.
- Tothill JC, Hargreaves JNG, Jones RM, McDonald CK. 1992. Botanal – A Comprehensive Sampling and Computing Procedure for Estimating Pasture Yield and Composition. 1. Field Sampling. *Tropical Agronomy Technical Memorandum N° 78*, CSIRO Division of Tropical Crops and Pastures, St Lucia, Queensland. 24p.
- Ungar ED. 1996. Ingestive behavior. En: Hogdson, J and Illius, A.W (Eds.) *The ecology and management of grazing systems*. Wallingford: CAB International. 185-218.
- Van Soest PJ. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. Inthaca: Cornell University Press. 476p.

- Wade MH. 1991. Factors affecting the availability of vegetative *Lolium perenne* to grazing cows with special reference to sward characteristics, stocking rate and grazing method. [Tesis de doctorado]. Rennes: University of Rennes. 57p.
- Wales WJ, Doyle PT, Stockdale CR, Dellow DW. 1999. Effects of variations in herbage mass, allowance, and level of supplement on nutrient intake and milk production of dairy cows in spring and summer. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 39: 119-30.
- Yang JZ, Matthew C, Rowland RE. 1998. Tiller axis observations for perennial ryegrass (*Lolium perenne*) and tall fescue (*Festuca arundinacea*): Number of active phytomers, probability of tiller appearance, and frequency of root appearance per phytomer for three cutting heights. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 41: 11-17.

7. ANEXOS

ANEXO 1 Análisis de varianza para las variables altura de la pastura, tiempo de pastoreo, tiempo de rumia, consumo, composición química de la materia seca consumida, producción y composición de leche.

Altura de la pastura

Efecto	gl	Pr > F
Bloque	1	0,8592
Tratamiento	2	0,0130
Período	1	<0,0001
Medición(Período)	2	0,7183
Período*Tratamiento	2	<0,0001
Tratamiento*Medición(Período)	4	0,4543

Tiempo de pastoreo

Efecto	gl	Pr > F
Bloque	1	0,9033
Tratamiento	2	0,0413
Período	1	0,0002
Medición(Período)	3	0,0158
Período*Tratamiento	2	0,5359
Tratamiento*Medición(Período)	6	0,7751

Tiempo de rumia

Efecto	Gl	Pr > F
Bloque	1	0,3263
Tratamiento	2	0,0039
Período	1	0,0138
Medición(Período)	3	0,0071
Período*Tratamiento	2	0,6651
Tratamiento*Medición(Período)	6	0,6653

Consumo

gl	Efecto	
	Bloque	Tratamiento
	1	2
Pr > F		
Consumo C33	0,7174	0,9404
Consumo C31	0,9971	0,9892
Consumo %PV C33	0,7040	0,9548
Consumo %PV C31	0,9508	0,9631
Consumo total C33	0,7179	0,9420
Consumo total C31	0,9971	0,9892
Consumo total %PV C33	0,7279	0,9532
Consumo total %PV C31	0,9521	0,9548
Tasa de consumo C33	0,9027	0,8162
Tasa de consumo C31	0,8950	0,8088

Composición química de la materia seca consumida

	Efecto	
	Bloque	Tratamiento
Pr>F		
MO	0,0260	0,0603
CZ	0,0260	0,0603
PB	0,4373	<0,0001
FDN	0,9079	0,5311
FDA	0,0322	0,0427
DINV MS	0,8690	0,0346
DINV MO	0,6133	0,0330

Producción y composición de leche

Efecto	gl	Pr > F					
		PL (L)	LCG (L)	% Grasa	% Proteína	kg grasa	kg proteína
Bloque	1	0,3392	0,2047	0,3458	0,9224	0,2887	0,0834
Tratamiento	2	0,5571	0,4255	0,0667	0,6723	0,4326	0,3199
Período	1	<0,0001	<0,0001	0,0114	0,0002	0,0075	<0,0001
Semana(Período)	2	<0,0001	<0,0001	0,5008	0,0086	<0,0001	<0,0001
Período*Tratamiento	2	0,5834	0,3116	0,2873	0,6929	0,2587	0,9567
Semana*Tratamiento(Período)	4	0,7638	0,9951	0,9246	0,7432	0,9710	0,5170
Covariable	1	0,0002	0,0011	0,2694	<0,0001	0,0388	<0,001

ANEXO 2. Consumos individuales de pastura calculados mediante los alcanos C31 y C33 y consumos individuales totales, calculados mediante los alcanos C31 y C33 y oferta/rechazo de concentrado. CMS = consumo de materia seca.

Vaca	Tratamiento	CMS forraje	CMS total	CMS forraje	CMS total
		C31	C31	C33	C33
147	Alto	13,8	15,7	15,8	17,7
319	Alto	22,2	24,1	27,1	29,0
329	Alto	23,4	25,3	25,7	27,5
364	Alto	15,0	16,9	16,0	17,9
409	Alto	15,0	16,8	15,5	17,3
422	Alto	13,8	15,6	15,9	17,8
205	Medio	17,4	19,3	20,6	22,4
223	Medio	14,1	16,0	18,6	20,5
302	Medio	15,4	17,3	16,9	18,8
311	Medio	21,9	23,7	22,0	23,8
416	Medio	18,0	19,9	20,3	22,1
417	Medio	17,7	19,5	19,5	21,4
250	Bajo	12,1	14,0	15,2	17,1
264	Bajo	17,0	18,9	18,0	19,9
314	Bajo	14,5	16,3	16,3	18,1
341	Bajo	22,8	24,7	22,0	23,9
412	Bajo	19,8	21,7	20,7	22,6
450	Bajo	14,6	16,5	17,5	19,4
PROMEDIO		17,1	19,0	19,1	21,0

ANEXO 3

Conducta y consumo de vacas lecheras sobre pasturas: efecto de la intensidad de pastoreo*

Carolina Carballo¹, Gianni Motta², Martín Claramunt³, Pablo Soca⁴, Oscar Bentancur⁴, Cristina Genro⁵, Diego Mattiauda⁴.

1

2

3

4

5

* Artículo a publicarse en la revista Agrociencia Uruguay

Resumen

El experimento se realizó entre octubre y noviembre de 2008 en Paysandu, Uruguay, para determinar el efecto de la intensidad de pastoreo (IP) sobre la conducta, consumo de materia seca (CMS) y producción de leche (PL) de vacas lecheras sobre una pastura de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*. Se utilizaron 18 vacas multíparas Holando con 183 ± 15 días en lactación, distribuidas al azar en tres tratamientos de IP: Alto (10cm), Medio (7cm) y Bajo (4cm), en un sistema de pastoreo permanente regulado con animales volante. El diseño fue de bloques completos al azar con dos repeticiones por tratamiento. Semanalmente fue medida la altura de la pastura (AP). Se midió tiempo de pastoreo (TP) y tiempo de rumia (TR) mediante registradores IGER. Se tomaron muestras de la pastura mediante *hand clipping* y se analizó su composición química. El CMS fue estimado mediante n-alcanos. Diariamente se midió PL y cada 15 días contenido de grasa y proteína. Fueron definidos dos periodos de análisis, dadas las variaciones climáticas durante el experimento. Las AP fueron significativamente diferentes, 11.59 ± 0.12 , 7.82 ± 0.12 y 6.00 ± 0.12 cm para Alto, Medio y Bajo respectivamente, con mayor heterogeneidad en el tratamiento Alto. TP y TR fueron afectados por tratamiento y período, con 478 ± 15 , 531 ± 15 y 512 ± 14 minutos de pastoreo por día y 451 ± 16 , 367 ± 17 y 382 ± 15 minutos de rumia por día para los tratamientos Alto, Medio y Bajo respectivamente. Hubo efecto del tratamiento sobre la calidad de la pastura seleccionada, no presentándose diferencias significativas en CMS, PL y su composición. Los animales mostraron mecanismos de compensación en conducta al variar las características de la pastura, para alcanzar igual CMS. La variación climática, condicionó los resultados dado que se encontró efecto del período en todas las variables medidas.

Palabras clave: tiempo de pastoreo, tiempo de rumia, n-alcanos, altura de la pastura.

Summary

The experiment was carried out between October and November of 2008 in Paysandú, Uruguay, under a mixed sward of *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, to determinate the effect of grazing intensity over sward characteristics and animal response. Treatments were sward heights of 10 cm (Tall), 7 cm (Medium) and 4 cm (Short) controlled by put and take. Experimental design was randomized complete blocks with two replicates per treatment. Eighteen Holstein mutiparous cows with autumn calves were used. Sward height was measured weekly. Daily grazing time (GT) and ruminating time (RT) were recorded with IGER recorders. Daily dry matter intake was estimated using n-alkanes. Grazed sward was sampled by “hand clipping” and chemical composition was determinated. Milk production was measured daily, and composition determinate each 15 days (fat and protein percentage). Because of climatic changes during the experiment two periods of analysis were defined (first and second half of the experiment). Pasture heights were significantly different, $11,59 \pm 0,12$, $7,82 \pm 0,12$ and $6,00 \pm 0,12$ for Tall, Medium and Short treatments respectively, and had different distributions with more heterogeneity in Tall treatment. Treatment and Period had affect on grazing and ruminating time. Means for GT in minutes were 478 ± 15 , 531 ± 15 and 512 ± 14 and for RT 451 ± 16 , 367 ± 17 and 382 ± 15 for Tall, Medium and Short treatments respectively. There was an effect of treatment on igested pasture quality. Treatment had no effect on dry matter intake, milk production or milk composition. When sward height changed, cows showed plasticity to achieve the same dry matter intake. The significant effect of Period in all the variables indicates that results were conditioned by climatic changes.

Key words: grazing time, ruminating time, n-alkanes, sward height

Introducción

El consumo de materia seca individual es la principal determinante de la producción animal, y a través de su efecto sobre la estructura de la pastura, de la productividad de las plantas (Ungar, 1996). El nivel de producción que un animal puede alcanzar, depende de su habilidad para ingerir una dieta adecuada a sus requerimientos nutricionales para mantenimiento, crecimiento y producción y en menor proporción de la eficiencia con que digiera y metabolice los alimentos consumidos (Waldo 1986). Durante años de investigación se han identificado tres tipos de factores que afectan el consumo de materia seca: factores del animal, del alimento y del manejo – ambiente (Ingvarsten, 1994). Sin embargo en condiciones pastoriles de producción es necesario comprender el efecto de otros factores relevantes, relativos a la pastura, tales como disponibilidad, estructura, densidad, altura, y relativos al animal, como tasa de cosecha, estrategia de pastoreo, selectividad (Chilibroste, 1999).

De acuerdo con el modelo de comportamiento ingestivo, en condiciones de pastoreo, el consumo puede ser expresado en función del tiempo de pastoreo (minutos) y la tasa de consumo (g/minuto). El tiempo de pastoreo, ha sido identificado como el mecanismo de compensación más importante mediante el cual los animales pueden aumentar su consumo (Gibb *et al.*, 1997). El bocado, ha sido definido como el nexo entre las propiedades espaciales y morfológicas de la pastura y el aparato bucal del animal. A nivel de la interfase planta-animal, el peso de la pastura consumida en cada bocado es restringido por la morfología de la pastura (Gibb, 2006). Para pasturas homogéneas en zonas templadas, en general, existe acuerdo en que la masa de bocado y la tasa de consumo aumentan en la medida que se incrementa la altura de la pastura (Forbes, 1988; Penning *et al.*, 1994, Gibb *et al.*, 1997). La respuesta del animal frente a la reducción en la tasa de consumo de corto plazo es aumentar

el tiempo de pastoreo. Este mecanismo, acompañado del aumento en tasa de bocado, pueden no compensar totalmente el efecto de una menor altura, y como resultado, la tasa de consumo disminuye en pasturas bajas.

Sin embargo, en pasturas heterogéneas, la altura puede ser promedio ser producto de distribuciones de alturas muy diferentes. Todas las pasturas bajo pastoreo presentan variabilidad espacial, incluso en sistemas de ocupación continua, las plantas no son pastoreadas continuamente, sino que el pastoreo es un proceso discreto. El pastoreo ocurre a escala de bocado y por lo tanto la pastura es un agregado de parches del tamaño de un bocado, cada uno con una masa residual y una trayectoria de crecimiento diferente (Chapman *et al.*, 2007). La masa de bocado es determinada por el arreglo espacial de la vegetación en una escala local y muy pequeña. Para un promedio dado de disponibilidad, las pasturas altas dan bocados más grandes y mayores tasas de consumo (Laca *et al.*, 1994). Si la heterogeneidad espacial cambia con la masa de forraje, la respuesta funcional observada puede tomar formas inesperadas, ya que depende del tipo y grado de heterogeneidad presente en la vegetación (Laca, 2008). La heterogeneidad presente en las pasturas explotada por los animales mediante el pastoreo selectivo. Las vacas lecheras no pastorean al azar, sino que muestran una preferencia parcial de aproximadamente 70% por el trébol blanco (Rutter *et al.*, 2004). La selectividad de los animales se expresa incluso en pasturas monoespecíficas, habiéndose observado que las vacas prefieren pastorear repetidamente sobre parches intensamente pastoreados si su altura no restringe la tasa de consumo o si los animales pueden compensar la reducción del peso de bocado aumentando la tasa de bocado (Cid y Brizuela, 1998). Faber (2012) trabajando con vacas lecheras en primavera sobre una pastura de Festuca y trébol blanco, encontró que la probabilidad de pastoreo de parches altos

y bajos en pasturas bajas (6 y 9 cm) fue similar, mientras que en pasturas altas (12 cm) hubo mayor probabilidad de pastoreo de parches bajos. El índice de selección por parches altos fue mayor en alturas de pastoreo menores, lo cual sugiere que los animales seleccionaron parches en base a la maximización de la tasa de consumo de forraje.

El objetivo de este experimento fue cuantificar el efecto de la intensidad de pastoreo sobre la conducta, consumo, calidad de la dieta consumida y producción de leche de vacas Holando sobre una pastura perenne en primavera.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo entre octubre y noviembre de 2008, en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni, (Facultad de Agronomía), Paysandú, Uruguay (32° 19' S, 58° 04' O). Se utilizó una pastura sembrada de segundo año compuesta por *Festuca arundinacea* cv. Quantum, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*.

Diseño experimental y tratamientos

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con dos repeticiones por tratamiento. Los tratamientos fueron tres intensidades de defoliación, caracterizadas a través de la altura de la pastura: 10 cm (Alto), 7 cm (Medio) y 4 cm (Bajo). Las unidades experimentales fueron parcelas con tres animales (unidades de muestreo) cada una.

La caracterización de las parcelas por tratamiento a inicio del experimento en cuanto a disponibilidad de materia seca, composición botánica estimada mediante el método de Botanal (Tohill *et al.*, 1992), porcentaje de restos secos y porcentaje de suelo descubierto (promedio de los dos bloques) se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Disponibilidad de materia seca, composición botánica para los diferentes tratamientos (expresada como porcentaje de Festuca, Lotus, Trébol blanco), porcentaje de restos secos y porcentaje de suelo desnudo por tratamiento a inicio del experimento. Alto = 11 cm, Medio = 7 cm, Bajo = 4 cm.

	Tratamientos		
	Alto	Medio	Bajo
Disponibilidad (kg MS/ha)	3162 ± 26	2027 ± 1	1956 ± 109
Composición botánica (%)			
<i>Festuca arundinacea</i>	70	66	63
<i>Lotus corniculatus</i>	4	5	5
<i>Trifolium repens</i>	2	3	3
Restos secos	22	24	25
% Suelo descubierto	48	61	6

Animales

Se utilizaron 18 vacas Holando multiparas, con un peso vivo promedio de 594±43 kg, con partos entre el 26 de marzo y el 8 de mayo, las cuales fueron estratificadas según número de lactancia y fecha de parto, y asignadas al azar a las parcelas experimentales. Durante los ordeñes se les asignó 1,88 kg de MS de concentrado por día (0,94 kg por ordeño) con una composición química de 17,5 PB, 35% FDN, 30 % FDA y 8,7% cenizas.

Manejo de la pastura

La pastura fue pastoreada en un sistema de ocupación continuo durante todo el período experimental. Los animales pastorearon de 8:00 a 14:00 y de 17:00 a 4:00 horas, con acceso a sombra natural y bebederos. Las 6 parcelas (2 bloques x 3 tratamientos) tuvieron una superficie de 2 ha cada una. Semanalmente se midió la altura de la pastura dentro de cada parcela (ver determinaciones), y con los registros obtenidos se realizaron ajustes en el número de animales volantes para mantener la altura propuesta en cada tratamiento. El acondicionamiento de la pastura previo al experimento, para alcanzar las alturas deseadas se

realizó durante 5 meses previos al comienzo. Durante este período se midió semanalmente la altura de igual manera que durante el experimento y se controló la misma variando la oferta de concentrado de las vacas que se encontraban pastoreando.

Determinaciones

La altura de las pastura fue medida en la *Festuca arundinacea*, por tratarse del componente predominante y en base al cual se decidió manejar el sistema. Una vez por semana se tomaron 100 datos de altura por parcela. Se utilizó una adaptación de la metodología de sward stick (Barthram, 1986) registrando con una regla la máxima altura de intersección de la Festuca. Los datos fueron promediados por parcela, y en función de los mismos se reguló la altura mediante la utilización de animales volantes.

Se registró la conducta en pastoreo durante 24 horas, haciéndose coincidir los últimos días de medición con la dosificación y recolección de heces para determinar consumo. Se obtuvieron un total de 5 registros por vaca. Para obtener estos registros, las vacas fueron equipadas con registradores de conducta en pastoreo IGER (Rutter *et al.*, 1997) que graban señales análogas a partir de sensores de movimientos mandibulares, usando tarjetas de almacenamiento. Las grabaciones fueron descargadas y analizadas con el software Graze® para obtener los tiempos de pastoreo y rumia expresados en minutos por día (Rutter, 2000). El tiempo de pastoreo fue definido como el tiempo en que se realizaron movimientos mandibulares de pastoreo con intervalos menores a 4 minutos (Gibb *et al.*, 1999). El tiempo de rumia fue definido como el tiempo en que se realizaron movimientos mandibulares de rumia, mas las pausas entre movimientos mandibulares de rumia menores a 20 segundos (Gibb *et al.*, 1999).

El consumo de materia seca se estimó utilizando alcanos como marcadores externos, en base al protocolo propuesto por Dove y Mayes (2006). Durante 12 días, se dosificaron los animales dos veces al día con una cantidad conocida de dotriacontano (C32) impregnado en pellets de celulosa. Los pellets se suministraron con un dosificador en la sala de ordeño. Durante los últimos 4 días de dosificación, se tomaron muestras de heces individuales dos veces por día. Las muestras fueron pesadas y secadas en estufa a 60° hasta peso constante y compuestas por animal. El muestreo de la pastura para determinar su contenido de alcanos fue realizado mediante la técnica de “hand clipping” (Coates y Penning, 2000), en los últimos cuatro días de dosificación de alcanos, tomándose dos muestras individualizadas por vaca, una en el pastoreo de la mañana y otra en el de la tarde. Para ello se evaluó el tiempo de permanencia de los animales en las diferentes estaciones de pastoreo (Bailey y Provenza, 2008) y a través de la observación se tomaron muestras imitando lo consumido por el animal. Las muestras de pastura fueron pesadas y secadas en estufa a 60 durante 48 horas y compuestas por vaca. El consumo de concentrado fue estimado mediante oferta y rechazo, y se tomaron muestras dos días de mañana y de tarde para evaluar su contenido de alcanos. Las muestras de pastura, concentrado y heces fueron analizadas en el Laboratorio de Nutrición Animal de EMBRAPA, Bagé mediante análisis cromatográfico para obtener su contenido de alcanos (Oliveira 2004).

El consumo de materia seca de forraje de cada vaca fue estimado mediante la siguiente ecuación (Dove y Mayes 2006):

$$\text{Consumo (kg MS/vaca/día)} = \frac{\text{Heces C31, C33/Heces C32} \times (\text{Dosis 32} + \text{S} + \text{S 32}) - \text{S} \times \text{S 31, S 33}}{\text{Forraje 31, 33} - (\text{Heces 31, 33/Heces 32} \times \text{Forraje 32})}$$

Donde:

Heces 31, 33 es la concentración del alcano C31, C33 en las heces (mg/kg MS)

Heces 32 es la concentración del alcano C32 en las heces (mg/kg MS)

Dosis 32 es la cantidad de dosificada del alcano C32 (mg)

Forraje 31, 33 es la concentración del alcano C33 en el forraje (mg/kg MS)

Forraje 32 es la concentración del alcano C32 en el forraje (mg/kg MS)

S es la cantidad de suplemento consumido (kg MS/día)

S 31, 33 es la concentración del alcano C31, C33 en el suplemento (mg/kg MS)

S 32 es la concentración del alcano C32 en el suplemento (mg/kg MS)

Las muestras de pastura obtenidas mediante hand clipping fueron analizadas en el Laboratorio de Nutrición Animal de EMBRAPA Bagé para determinar su contenido de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), cenizas (CZ), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS) y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) (AOAC 2000).

Diariamente se midió la PL en ambos ordeñes y dos días a la semana, cada 15 días, se tomaron muestras para composición química utilizando los medidores de producción (Waikato®). Las muestras de ambos días fueron colocadas en baño maría a 37°C durante 10 minutos y homogeneizadas para tomar alícuotas proporcionales a la producción de cada ordeño, con las cuales se realizaron muestras compuestas por día y por vaca. Las mismas fueron conservadas con Bromopol – Lactopol (2-bromo-2-nitro-1,3-propanediol) y remitidas al laboratorio para analizar concentración de grasa y proteína con un MilkoScan (Foss Electric®, 133b-Rajasthan, India).

Análisis estadístico

Las distribuciones de alturas fueron descritas mediante indicadores de posición, dispersión y forma de la distribución. La mediana representa la posición central del conjunto de datos. Como indicadores de dispersión se presentan desvío estándar, varianza y rango, que a mayor valor indican mayor dispersión del grupo de datos. El sesgo es una medida de asimetría, si es positivo indica que la distribución tiene cola pesadas a la derecha mientras que si es negativo, la cola de la distribución es más pesada hacia la izquierda. La Curtosis (o apuntamiento de la distribución) indica cuan concentrados están los datos respecto de la media. Las formas de las distribuciones acumulativas fueron comparadas mediante la prueba de Kolmogorov - Smirnov para muestras independientes.

El efecto de la altura sobre los tiempos de pastoreo y rumia (minutos por día), producción (litros por día) y composición de leche (porcentaje de grasa y proteína) fueron analizados como medidas repetidas en el tiempo según el siguiente modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} + \delta_{ijk} + P_l + M_m(P_l) + (TM)_{im}(P_l) + \varphi_{ijklm}$$

Donde μ es la media poblacional, T es el efecto tratamiento, β el efecto bloque, ε_{ij} - es el error entre parcelas, δ_{ijk} - es el error entre animales, P el efecto período (primera o segunda quincena del experimento), $M_m(P_i)$ es el efecto de momento (semana para altura y producción de leche y momento de medición para tiempos de pastoreo y rumia) anidado en período, y $TM_{im}(P_i)$ es la interacción tratamiento-momento anidado en período.

El efecto de la altura sobre el consumo de MS y la composición química de la de la pastura consumida se analizaron según el modelo:

$$Y = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} + \delta_{ijk}$$

Donde: μ - es la media poblacional, T_i - es el efecto del i-ésimo tratamiento, β_j - es el efecto del j-ésimo bloque, ε_{ij} - es el error entre parcelas, δ_{ijk} - es el error entre animales

Se empleó el procedimiento Mixed del paquete estadístico SAS versión 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, 2008). Las medias de los efectos significativos fueron comparadas mediante el test de Tukey al 5%. La autocorrelación entre medidas repetidas en el tiempo fue ajustada según un modelo de tipo autoregresivo de orden 1. La elección entre los distintos modelos de autocorrelación se efectuó según el criterio de Akaike.

Resultados

Altura de la pastura

Las diferencias propuestas entre tratamiento fueron logradas ($P < 0,05$), con alturas de $10,60 \pm 0,34$, $7,51 \pm 0,24$, y $5,95 \pm 0,19$ cm (medias \pm error estándar) para los tratamientos Alto, Medio y Bajo, respectivamente. La altura de la pastura mostró cambios significativos durante el período experimental para los tres tratamientos. Sin embargo, las diferencias entre

tratamientos se mantuvieron durante todo el período. La evolución de la altura durante los días de pastoreo para los diferentes tratamientos se presenta en la Figura 1.

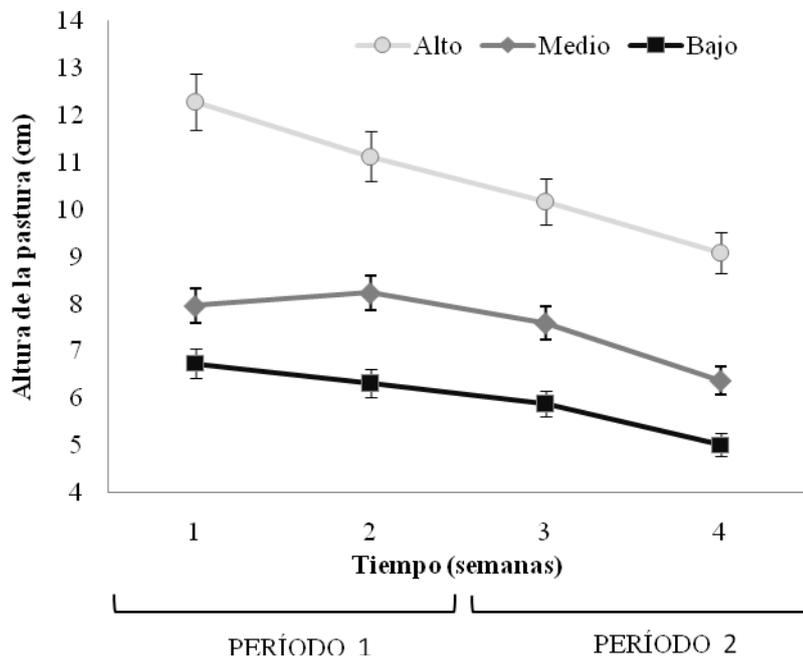


Figura 1. Evolución de la altura según intensidad de pastoreo ($p < 0,05$) (medias y errores estándar). Alto = 11 cm, Medio = 7 cm, Bajo = 4 cm.

Las formas de las distribuciones acumulativas de alturas, comparadas mediante la prueba de Kolmogorov - Smirnov fueron significativamente diferentes entre tratamientos. En cuanto a los parámetros descriptivos de estas distribuciones de alturas, se encontraron variaciones entre tratamientos. El tratamiento Alto tuvo una distribución de alturas más sesgada hacia la derecha, seguido por el Medio el Bajo. Los sesgos, con valores de 1,37, 1,51 y 1,13 para Alto, Medio y Bajo, respectivamente, al ser positivos indican que las distribuciones tienen colas pesadas a la derecha. La Curtosis, o apuntamiento de la distribución, es mayor en el tratamiento Medio (6,59) que en el Alto (1,99) o Bajo (2,90) mostrando que los datos de esta

distribución se encuentran más concentrados cerca de la media. Los valores para varianza fueron 29,4, 7,6 y 5,0 y los desvíos de 5,4, 2,8 y 2,2 para los tratamientos Alto, Medio y Bajo, respectivamente. Estos valores, indican una dispersión de las alturas mucho mayor en el tratamiento Alto, disminuyendo la variación hacia los tratamientos Medio y Bajo. De la misma manera los valores de rango de 38, 24 y 19 para Alto, Medio y Bajo respectivamente muestran una menor dispersión en la medida que la altura disminuye.

El período también tuvo efecto sobre las distribuciones de alturas, siendo estas para el mismo tratamiento, diferentes entre el período 1 y el 2. En el período dos, los valores de altura mostraron menor dispersión, menor sesgo y mayor concentración de los datos en torno a la media, para los tres tratamientos. Los histogramas de distribución de densidades de las alturas, que ilustran lo descrito anteriormente se muestran en la Figura 2.

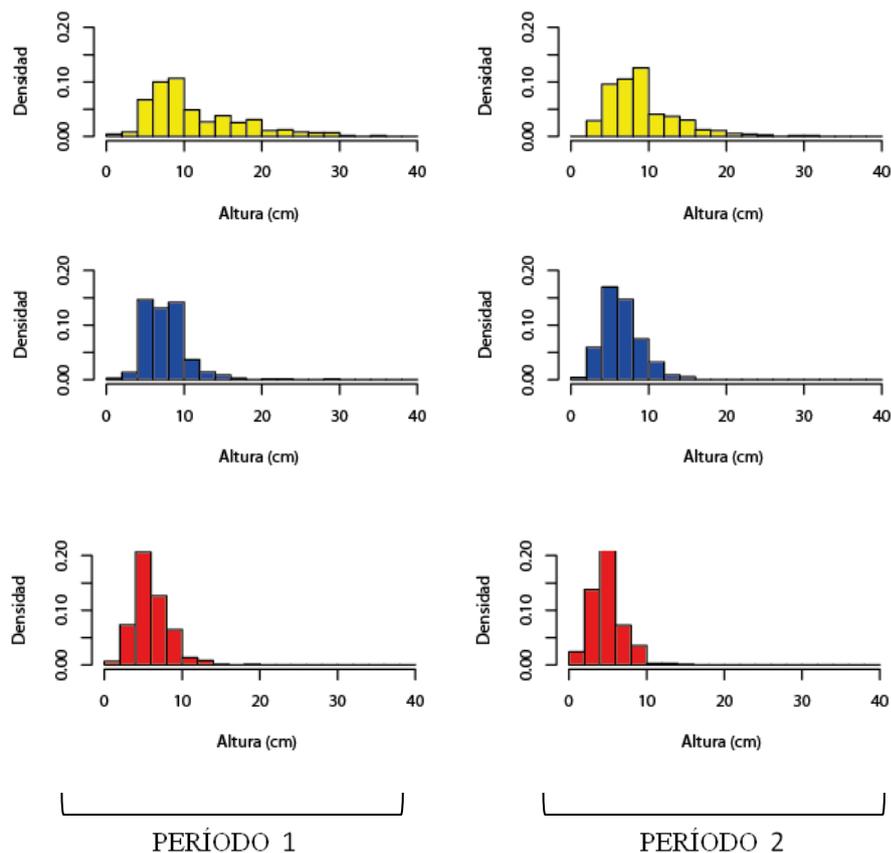


Figura 2. Histogramas de densidad de distribución de alturas por tratamiento para el período 1 y período 2. Alto = 11 cm, Medio = 7 cm, Bajo = 4 cm.

Conducta en pastoreo

Los tiempos de pastoreo y rumia fueron afectados por el tratamiento y el período de medición. No hubo efecto de la interacción tratamiento por período. Las medias para pastoreo y rumia en minutos fueron 478 ± 15 , 531 ± 15 y 512 ± 14 , y 451 ± 16 , 367 ± 15 y 382 ± 17 para los tratamientos Alto, Medio y Bajo, respectivamente. En los tratamientos Medio y Bajo las vacas incrementaron el tiempo dedicado al pastoreo ($P < 0,05$). Para tiempo de rumia, los animales pastoreando a mayores alturas presentaron valores más altos y significativamente diferentes del resto de los tratamientos ($P < 0,05$).

Los tiempos de pastoreo y rumia en los diferentes tratamientos mostraron cambios a lo largo del período experimental (Figura 3).

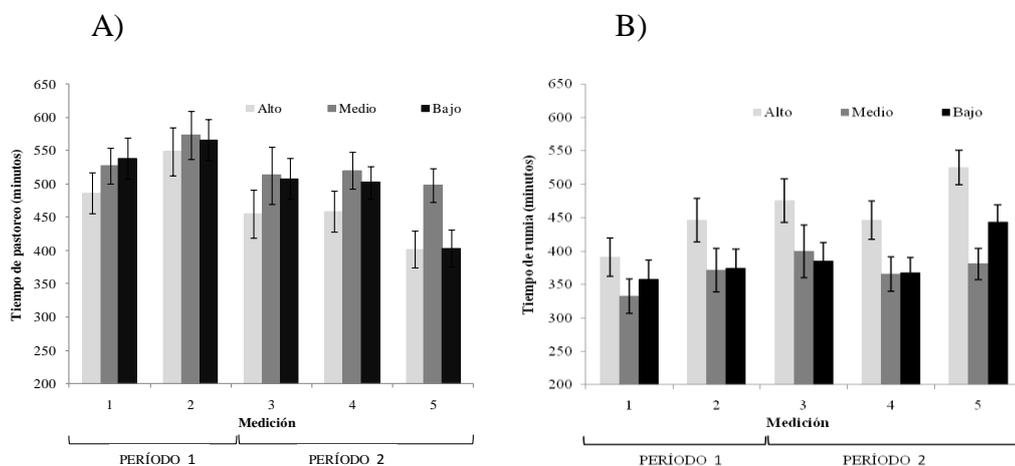


Figura 3. A) Evolución del tiempo de pastoreo según tratamiento y B) Evolución del tiempo de rumia según tratamiento. ($P < 0,05$). Bajo = 4 cm, Medio = 7 cm, Alto = 11 cm.

En la primeras dos mediciones no hubo diferencias entre tratamientos, sin embargo, en las mediciones (4 y 5) los animales del tratamiento Alto mostraron un tiempo de pastoreo significativamente menor que el tratamiento Medio. En la última medición se da un cambio importante, ya que el único tratamiento que mantuvo alto tiempo de pastoreo fue el Medio. También se encontró efecto el período sobre el tiempo de rumia. Para los tratamientos Bajo y Alto, el tiempo de rumia mostró una tendencia a aumentar con el paso del tiempo, mientras que se mantuvo estable para el tratamiento Medio, que fue el único capaz de mantener elevados tiempos de pastoreo

Composición química de la pastura seleccionada

Los resultados de composición química de la pastura seleccionada se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Composición química de la pastura consumida (hand clipping), según altura de la pastura.

	Alto	Medio	Bajo
MO	88,18±0,37 a	86,81±0,37 a	87,33±0,37 a
CZ	11,82±0,37 a	13,19±0,37 a	12,67±0,37 a
PB	12,13±0,45 b	15,33±0,45 a	16,39±0,45 a
FDN	73,00±2,33 a	71,15±2,33 a	67,81±2,33 a
FDA	36,30±1,18 a	33,26±1,18 ab	31,67±1,18 b
DINV MO	49,57±1,38 b	52,20±1,38 ab	55,35±1,38 a
DINV MS	48,78± 1,58 b	50,88±1,58 ab	55,22±1,58 a

MS=materia seca, MO=materia orgánica, CZ=cenizas, PB=proteína bruta, FDN=fibra detergente neutro, FDA=fibra detergente ácido, DINV MS=digestibilidad *in vitro* de la materia seca, DINV MO=digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica.

Bajo = 4 cm, Medio = 7 cm, Alto = 11 cm. Letras diferentes entre columnas muestran diferencias significativas por Tukey (P<0,05).

No se encontraron diferencias significativas para porcentaje de materia orgánica y cenizas entre tratamientos (P<0,05). Para proteína bruta se encontraron diferencias entre el tratamiento Alto, con respecto a Bajo y Medio, con mayores contenidos de proteína en la pastura consumida para estos últimos. El porcentaje de FDN fue igual para todos los tratamientos, sin embargo, el contenido de FDA mayor en el tratamiento Alto con respecto al Bajo, con un contenido intermedio y sin diferencias del tratamiento Medio. Para las digestibilidades in vitro de MS y MO, el tratamiento Bajo tuvo valores significativamente mayores que el Alto, sin diferencias con el Medio.

Consumo de materia seca estimado mediante n-alcanos

El tratamiento no afectó el consumo de MS de forraje ni el consumo de MS total, medido en kg de MS o como % del peso vivo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Consumo de materia seca de pastura, consumo de materia seca total (kg de materia seca por día), y consumo expresado como porcentaje del peso vivo (PV) estimado mediante la técnica de alcanos, utilizando los pares C33/C32 y C31/C32.

	Alto		Medio		Bajo	
CMS pastura (C33)	19,3 ± 2,8	a	19,6 ± 2,8	a	18,3 ± 2,8	a
CMS pastura (C31)	17,2 ± 2,9	a	17,4 ± 2,9	a	16,8 ± 2,9	a
CMS pastura % PV (C33)	3,1 ± 0,4	a	3,3 ± 0,4	a	3,2 ± 0,4	a
CMS total (C33)	21,2 ± 2,8	a	21,5 ± 2,8	a	20,2 ± 2,8	a
CMS total % PV (C33)	3,4 ± 0,4	a	3,6 ± 0,4	a	3,5 ± 0,4	a

Bajo = 4 cm, Medio = 7 cm, Alto = 11 cm. Letras diferentes entre columnas muestran diferencias significativas por Tukey (P<0,05).

Producción y composición de leche

No se obtuvieron diferencias significativas en producción de leche, leche corregida por grasa, porcentaje de proteína y porcentaje de grasa, entre tratamientos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Producción de leche, leche corregida por grasa (LCG), producción de proteína y grasa según tratamiento ($P < 0,05$). Bajo = 4 cm, Medio = 7 cm, Alto = 11 cm.

	Alto	Medio	Bajo
Producción de leche (L)	21,0 ± 0,6 a	20,5 ± 0,6 a	20,0 ± 0,6 a
LCG (L)	19,7 ± 0,6 a	19,6 ± 0,7 a	18,2 ± 0,6 a
Proteína (kg)	3,6 ± 0,3 a	3,4 ± 0,3 a	3,1 ± 0,3 a
Grasa (kg)	4,2 ± 0,6 a	4,0 ± 0,3 a	3,7 ± 0,3 a

Durante el período experimental la producción de leche mostró un marcado descenso, con 8,3, 8,9 y 8,3 L de diferencia entre la primera y la cuarta semana para los tratamientos Alto, Medio y Bajo, respectivamente (Figura 4). No se encontró interacción entre período y tratamiento.

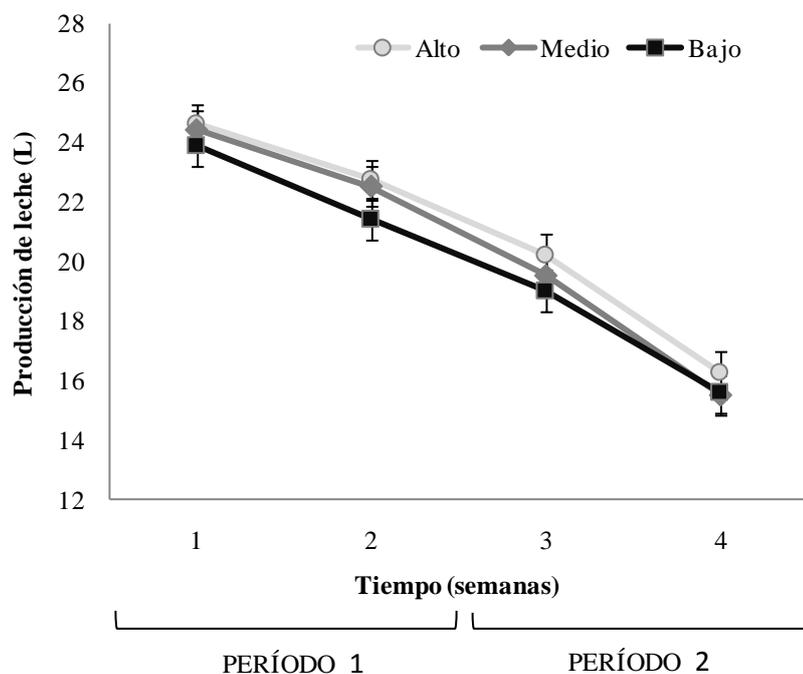


Figura 4. Evolución de la producción de leche según tratamiento ($P < 0,05$). Bajo = 4 cm, Medio = 7 cm, Alto = 11 cm.

Discusión

Se logró generar diferentes situaciones de alturas de la pastura para evaluar la respuesta de los animales, si bien estuvieron por encima de las alturas objetivo que eran 10, 7 y 4 cm para los tratamientos Alto, Medio y Bajo, respectivamente. El hecho de que estas alturas sean producto del pastoreo durante seis meses, permitiría plantear que dichas pasturas presentaron diferentes estructuras generadas (Penning *et al.*, 1991), y diferencias en calidad (Curran *et al.*, 2010; O'Donovan y Delaby 2008).

El marcado descenso de la altura en los tres tratamientos fue producto de las condiciones climáticas desfavorables para el crecimiento de la pastura. La temperatura en el mes de noviembre de 2008 estuvo 4 grados por encima de la temperatura de la serie histórica, mientras que las precipitaciones fueron marcadamente inferiores, sobre todo entre setiembre

y noviembre. Esta situación que probablemente generó escaso o nulo crecimiento, no permitió mantener el balance deseado entre crecimiento de la pastura y consumo animal, por lo que los animales probablemente se alimentaron más del forraje acumulado durante los meses anteriores, que del rebrote generado en la etapa experimental, lo cual se evidencia en el descenso de la altura en todos los tratamientos.

El análisis de las distribuciones de las alturas aporta información relevante, ya que un mismo promedio puede ser resultado de diferentes grupos de datos. Incluso en sistemas de pastoreo "continuo" a nivel de planta o parte de la plantas el pastoreo es un proceso discreto (Chapman *et al.*, 2007). El mosaico de parches que se genera como resultado depende de la relación entre la oferta y la demanda de pastura. En el presente experimento, el aumento de la relación oferta/demanda, al aumentar la altura promedio, generó mayor heterogeneidad. Los cambios en la intensidad de pastoreo generaron diferentes distribuciones de alturas, cada una con una masa residual característica, y una trayectoria de crecimiento diferente (Chapman *et al.*, 2007, Parsons *et al.*, 1999). Esto tiene impacto sobre el crecimiento promedio de la pastura, ya que el rebrote de la pastura es la media del rebrote de cada parche individual, no el rebrote de la media de la biomasa y depende, por lo tanto, de la heterogeneidad (Chapman *et al.*, 2007). En casos extremos, cuando la oferta excede la demanda del animal y el control del proceso es mínimo, el mosaico de parches que se forma es extremo, lo que puede dar resultado a una distribución bimodal (Dumont *et al.*, 2002, Gibb *et al.*, 1997). Esto ocurre porque los animales concentran el pastoreo en los parches más bajos y con más hojas (selección activa por hojas) evitando los más altos (evasión de tallos y material seco) y por lo tanto nada o casi nada de la pastura se encuentra en estados en los que la máxima tasa de acumulación. En el caso del tratamiento Alto, si bien no llega a

presentar una distribución bimodal, existe un rango mayor de alturas, con mayores desvíos, y mayor concentración hacia la izquierda de la distribución, lo cual es indicador de mayor heterogeneidad.

Como consecuencia de los tratamientos impuestos, los animales mostraron diferentes conductas en pastoreo. El tratamiento Alto, mostró un menor tiempo de pastoreo, lo cual clásicamente podría asociarse a la posibilidad de obtener bocados de mayor tamaño (Penning *et al.*, 1994, Gibb, 2006). Los animales en pasturas más bajas, debieron compensar permaneciendo más tiempo pastoreando. Estos resultados concuerdan con los de Gibb, 1997 que trabajando con vacas lecheras en ocupación continua de *Lolium perenne* a 5, 7 y 9 cm encontró una tendencia a disminuir el tiempo de pastoreo a mayor altura. El mayor tiempo de rumia para los animales del tratamiento Alto se debe en este caso a un mayor consumo de fibra, que requiere mayor tiempo de procesamiento por parte del animal (Van Soest, 1994).

Cuando la conducta en pastoreo fue analizada a lo largo del tiempo, se evidencia que los animales no presentaron las mismas estrategias al inicio que al fin del experimento. Esto se debe a que las condiciones climáticas fueron cambiando, restringiendo el crecimiento de la pastura, y cambiando su calidad y composición en términos de relación lámina/vaina. El tiempo de pastoreo solo se diferenció entre tratamientos en las últimas dos mediciones. El hecho de que el único grupo que pudo mantener alto tiempo de pastoreo fuera el Medio, estaría indicando que los animales del tratamiento Bajo, enfrentaron hacia el fin del experimento condiciones que no les permitieron mantenerse pastoreando por más tiempo. Wade (1991), encontró que el tallo es un obstáculo para aumentar el consumo de pasto cuando los animales son obligados a pastorear dejando residuos bajos. En dichas condiciones, las señales captadas por el animal desde el ambiente (clima y pastura) e

internas (balance energético), deben haber indicado que el aumento en tiempo de pastoreo no compensaría con consumo las pérdidas energéticas necesarias (Roche *et al.*, 2008). Curran *et al.* (2010) que trabajando con vacas lecheras encontraron menores consumos al disminuir la asignación, si bien es ese estudio no se midió tiempo de pastoreo, la disminución en consumo sugiere que las vacas fueron llevadas a este límite.

La evolución de la rumia, complementó la evolución en el tiempo de pastoreo. El aumento en tiempo de rumia de los tratamientos para el tratamientos Alto y Bajo al transcurrir las semanas, se relaciona un descenso de la calidad de la pastura consumida. En el caso del tratamiento Bajo en el que la pastura presentó una distribución de alturas más concentrada y con valores bajos, esta disminución de la calidad probablemente se deba al que se haya llegado al límite de la vaina, teniendo que consumir material más fibroso. Por otra parte, en el tratamiento Alto, con una distribución de alturas más heterogénea, puede deberse a la necesidad de consumir parches más altos, dado el escaso crecimiento y las limitantes al consumo impuestas por los parches más bajos.

La calidad y digestibilidad de la pastura consumida en el tratamiento Bajo, fue mayor comparada con el tratamiento Alto. El tratamiento Medio solo mostró mejor calidad en PB, siendo igual al tratamiento Bajo y mayor que el Alto. El componente de la fibra que aumentó en el tratamiento Alto fue la hemicelulosa, dado que se observaron diferencias con respecto a los otros tratamientos en FDA pero no en FDN.

Los resultados obtenidos son coincidentes con estudios anteriores sobre la calidad de las pasturas bajo diferentes intensidades de defoliación, si bien en algunos estudios la calidad fue medida sobre la pastura ofrecida, y no sobre la seleccionada, y en varios casos la calidad se relacionó a la FDN. En un estudio sobre características y calidad de parches (Cid y

Brizuela, 1998), mostraron que la biomasa de sitios pastoreados más intensamente presenta mayor concentración de nitrógeno, y sus rebrotes son más digestibles (Illius *et al.*, 1987). Stakelum y Dillon (2004) encontraron un aumento en la DMO consumida al disminuir la altura de la pastura, muy relacionada a la proporción de hoja verde en la dieta. O'Donovan y Delaby (2008) encontraron mayores valores de DMO en pasturas recientemente pastoreadas y más bajas, lo que estuvo directamente relacionado con la mayor proporción de hoja de la misma. En el mismo experimento, luego de pastorear una pastura dejando residuos altos durante varios meses, el contenido de FDN de la misma aumentó, debido a las altas tasas de senescencia.

Una mayor calidad cuando la pastura consumida, como la obtenida en el tratamiento Bajo, puede deberse a por una mayor calidad de la pastura accesible al animal, o mayor selección de la dieta. Ha sido demostrado anteriormente, que los animales prefieren fracciones de hoja y material verde (Minson 1990). Sin embargo, a alturas bajas existe menor heterogeneidad, como fue observado en este experimento, lo que implica que los animales tengan menor posibilidad de ejercer selección, pero la pastura a la que acceden tiene mejor calidad del rebrote y mayor relación lámina/vaina. Sumado a esto, el contenido de trébol presente en pasturas mixtas es difícil de mantener en proporciones mayores a 0,1 – 0,2 (Caradus *et al.*, 1996), lo cual es bajo para alcanzar los beneficios del trébol para mejorar la performance animal (Chapman *et al.*, 2007). Por lo tanto la mayor calidad de la pastura consumida en el tratamiento Bajo en este experimento, se debe a una mayor calidad de la pastura en el horizonte pastoreado.

En el caso del tratamiento Alto, la menor calidad de lo consumido tiene relación con la baja calidad de la pastura, si bien estos animales podrían seleccionaban mas, las condiciones

extremas de calor y falta de agua, pueden haber provocado que pastorearan muy intensamente los parches bajos al principio (Chapman *et al.*, 2007), pero hacia el final del experimento, cuando fue realizada esta medición, debieran recurrir a pasturas más maduras y fibrosas, con menor digestibilidad.

Las diferentes condiciones de pastura generadas en los tratamientos no dieron diferencias en CMS. Estudios anteriores encontraron efecto positivo de la asignación de forraje, pero no de la disponibilidad sobre el consumo de vacas lecheras (Stakelum y Dillon 2004; Curran *et al.*, 2010). Probablemente, el aumento del tiempo de pastoreo en pasturas bajas, se haya expresado como mecanismo de compensación para obtener consumos iguales en el tratamiento Medio. Ha sido estudiado que los animales muestran una gran elasticidad en comportamiento y son capaces de alcanzar consumos similares en pasturas diferentes, aumentando el tiempo de pastoreo, para compensar diferencias en tasas de consumo (Gibb, 1997, Penning *et al.*, 1995).

Otro factor afectando los resultados fueron las condiciones ambientales, y su efecto sobre la tasa de crecimiento de las pasturas y el estrés de los animales. Los valores observados en consumo fueron altos en relación a la producción de leche obtenida en la última semana (que fue en la que se midió consumo). Esto estaría indicando que pueden haber existido importantes pérdidas de energía, en actividades como búsqueda y cosecha de forraje, o mantenimiento de la temperatura corporal.

Si se calculan las tasas de consumo (CMS dividido tiempo de pastoreo en horas) para este experimento se obtienen valores de 2,16, 1,97 y 1,97 kg MS/vaca/hora para los tratamientos Alto, Medio y Bajo, respectivamente. Dalley (1999) pastoreando raigrás perenne con vacas en lactancia temprana en primavera con asignaciones de entre 20 y 70 kg

MS/vaca/día obtuvo tasas de consumo de entre 1,5 y 2,2 kg MS/vaca/hora. Marotti (2004), encontró tasas de consumo de 2,04 para gramíneas puras, y de 2,38 para pasturas mezcla de gramíneas y leguminosas. Stakelum y Dillon (2004), obtuvieron tasas de entre 1 y 1,5, entre primavera y otoño, sobre raigrás perenne. Gibb *et al.* (1997) en sistemas de ocupación continua de gramíneas entre 5 y 9 cm, encontró tasas de consumo de vacas lecheras de entre 1,29 y 1,41 kg MS/vaca/hora.

Las estimaciones de consumo realizadas con la técnica de alcanos requieren condiciones de estabilización de la concentración del alcano dosificado en el tracto gastrointestinal (Mayes y Dove, 2000). En el presente experimento pueden no haberse obtenido debido a las condiciones cambiantes con los días, o la gran proporción del tiempo que los animales no pastorearon los últimos días. Otro aspecto que puede haber condicionado la ausencia de diferencias en consumo de MS es la gran variabilidad individual, lo que se observa en la magnitud de los errores estándar.

La ausencia de respuesta en producción de leche frente a cambios en la altura de la pastura concuerda con la ausencia de respuesta en consumo de forraje. Además de los mecanismos de conducta empleados por los animales para igualar el consumo, como el aumento en el tiempo de pastoreo o el aumento en la tasa de bocado (que no fue medido en este experimento) esto podría explicarse porque los animales se encontraban en lactancia avanzada y gestación, funciones que asumen la prioridad en el uso de la energía frente a la lactancia. Esto concuerda con antecedentes que han demostrado que la respuesta en producción de leche ante cambios en la pastura, es altamente dependiente de su estado fisiológico (Gibb *et al.*, 1999). En los casos en que se encontró respuesta en producción de leche al cambiar las características de la pastura (Curran *et al.*, 2010), esta estuvo

relacionada a cambios en el consumo. En esos casos los animales que se encontraban en condiciones climáticas mucho menos extremas, con mayores precipitaciones y menores temperaturas, sobre pasturas con menores niveles de fibra (40 % FDN) de entre 10 y 15 cm de altura pre-pastoreo, en lactancias menos avanzadas (primer y segundo tercio) y con mayores niveles de producción (24 L/vaca/día).

En producción de leche, y para aquellas variables medidas durante todo el experimento, hubo efecto del momento de medición (semana), y del período (quincena) siendo más importante en el caso de producción que el efecto tratamiento.

Conclusiones

El manejo de diferentes intensidades de pastoreo en función de la altura genera pasturas diferentes en términos de distribución de las alturas. En el rango estudiado, al manejar la pastura a mayor altura promedio se genera una mayor heterogeneidad de parches de pastoreo.

Los animales modifican su conducta al variar la intensidad de pastoreo en base a la altura de la pastura. Al disminuir la altura, la masa de bocado que el animal puede obtener es menor, por lo que los animales aumentan el tiempo de pastoreo como mecanismo de compensación del consumo. Animales pastoreando en pasturas bajas, obtienen dietas de mayor calidad, debido a la mayor de la pastura disponible. En sistemas pastoriles de producción de leche, probablemente se generan grandes pérdidas energéticas en el proceso de pastoreo y los

mecanismos de compensación presentan un límite de respuesta cuando las condiciones experimentales o ambientales son extremas.

Dentro del rango de alturas estudiado, el aumento del tiempo de pastoreo como principal mecanismo de compensación del consumo, hace que no se expresen diferencias en consumo o producción de leche en respuesta a la intensidad de pastoreo. Sin embargo, la ausencia de diferencias puede estar vinculada a factores como el estado fisiológico de los animales, las condiciones ambientales, o el ajuste de las técnicas de estimación utilizadas a campo.

Agradecimientos

A INIA y ANII, por el apoyo económico brindado para la realización de este trabajo.

A todos los funcionarios, docentes y compañeros de Facultad de Agronomía que de alguna manera realizaron valiosos aportes a este proyecto.

Bibliografía

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2000. Official Methods of Analysis. 17th edition. Washington. 28p.

Bailey DW, Provenza FD. 2008. Mechanisms determining large-herbivore distribution. En: Prins HT, Van Langevelde, F. (Eds.). Resource Ecology: Spatial and Temporal Dynamics of Foraging. 7-28.

Barthram GT. 1986. Experimental techniques: the HFRO sward stick. En: Alcock MM. (Eds.). Biennial Report of the Hill Farming Research Organisation. Penicuik: Hill Farming Research Organisation. 29–30

Caradus JR, Woodfield DR, Stewart AV. 1996. Overview and vision for white clover. En: Woodfield DR. (Ed.). White clover: New Zealand's competitive edge. Agronomy Society New Zealand. Special Publication N° 11. Grassland Research and Practice Series N° 6. Palmerston North: New Zealand Grassland Association. 1–6.

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.

Chilibroste P. 1999. Grazing time: the missing link. A study of the plant-animal interface by integration of experimental and modelling approaches. [Tesis de doctorado]. Wageningen: Wageningen University. 190p.

Cid MS, Brizuela MA. 1998. Heterogeneity in tall fescue pastures created and sustained by cattle grazing. *Journal of Range Management*, 51: 644-649.

Coates DB, Penning P. 2000. Measuring Animal Performance. En: L 't Mannelje, Jones RM. (Eds.). Field and Laboratory methods for grassland and animal production research. Wallingford: CAB International. 353-402.

Curran J, Delaby L, Kennedy E, Murphy JP, Boland TM, O'Donovan M. 2010. Sward characteristics, grass dry matter intake and milk production performance are affected by pre-grazing herbage mass and pasture allowance. *Livestock Science*, 127: 144–154.

- Dalley DE, Roche JR, Grainger C, Moate PJ. 1999. Dry matter intake, nutrient selection and milk production of dairy cows grazing rainfed perennial pastures at different herbage allowances in spring. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 39: 923-931.
- Dove H, Mayes RW. 2006. Protocol for the analysis of n-alkanes and other plant-wax compounds and for their use as markers for quantifying the nutrient supply of large mammalian herbivores. *Nature Protocols*, 1: 1680-1697.
- Dumont B, Carrere P, D'our P. 2002. Foraging in patchy grasslands: Diet selection by sheep and cattle is affected by the abundance and spatial distribution of preferred species. *Animal Research*, 51: 367-381.
- Faber AC. 2012. Estructura espacial y selectividad de parches en pasturas de festuca alta pastoreadas a diferente altura remanente. [Tesis de Maestría]. Montevideo: Facultad de Agronomía. 110p.
- Forbes TDA. 1988. Researching the plant-animal interface: The investigation on ingestive behavior in grazing animals. *Journal of Animal Science*, 66: 2369-2379.
- Gibb M. 2006. Grassland management with emphasis on grazing behaviour. En: Elgersma A, Dijkstra J, Tamminga S. (Eds.). *Fresh Herbage for Dairy Cattle*. Netherlands: Springer. 141-157.
- Gibb M, Huckle C, Nuthall R, Rook A. 1999. The effect of physiological state (lactating or dry) and sward surface height on grazing behaviour and intake by dairy cows. *Applied Animal Behavior Science*, 63(4): 269-287.
- Gibb MJ, Huckle CA, Nuthall R, Rook AJ. 1997. Effect of sward surface height on intake and grazing behavior by lactating Holstein Friesian cows. *Grass and Forage Science*, 52: 309-321.

- Illius W, Wood-Gush DGM, Eddison JC. 1987. A study of the foraging behaviour of cattle grazing a patchy sward. *Biology of Behaviour*, 12: 33-44.
- Ingvarsten KL. 1994. Models of voluntary food intake. *Livestock Production Science*, 39: 19-38.
- Laca EA. 2008. Foraging in a heterogeneous environment. Intake and diet choice. En: Prins H, Van Langevelde F, (Eds.). *Resource Ecology: Spatial and Temporal Dynamics of Foraging*. Netherlands: Springer. 81-100.
- Laca EA, Distel AD, Griggs TC, Demment MW. 1994. Effects of canopy structure on patch depression by grazers. *Ecology*, 75: 706-716.
- Marotti DM. 2004. Behavioural limitations to pasture intake of ruminants. [Tesis de doctorado]. Melbourne: University of Melbourne. 227p.
- Mayes RW, Dove H. 2000. Measurement of dietary nutrient intake in free-ranging mammalian herbivores. *Nutrition Research Reviews*, 13: 107-138.
- Minson DJ. 1990. Forage in Ruminant Nutrition. En: Cunha TJ. (Ed.). San Diego: Academic Press. 483p.
- O'Donovan M, Delaby L. 2008. Sward characteristics, grass dry matter intake and milk production performance is affected by timing of spring grazing and subsequent stocking rate. *Livestock Production Science*, 115: 158–168.
- Oliveira DE. Determinação de alcanos - Manual de extração e análise cromatográfica em forragens, concentrados e fezes. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2004. 30p.
- Parsons AJ, Carrère P, Schwinning S. 1999. Dynamics of heterogeneity in a grazed sward. En: De Moraes A, Nabinger C, Carvalho P, Alves S, Lustosa S. (Eds.). *Anais do Simposio*

Internacional "Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology". Curitiba: Imprensa da Universidade Federal do Paraná. 187-214.

Penning PD, Parsons AJ, Orr RJ, Harvey A, Champion RA. 1995. Intake and behaviour responses by sheep, in different physiological states, when grazing monocultures of grass or white clover. *Applied Animal Behaviour Science*, 45: 63–78.

Penning PD, Parsons AJ, Orr RJ, Hooper GE. 1994. Intake and behaviour responses by sheep to changes in sward characteristics under rotational grazing. *Grass and Forage Science*, 49: 476-486.

Penning PD, Rook AJ, Orr RJ. 1991. Patterns of ingestive behaviour of sheep continuously stocked on monocultures of ryegrass or white clover. *Applied Animal Behaviour Science*, 31: 237–250.

Roche JR, Blache D, Kay JK, Miller DL, Sheahan AJ, Miller DW. 2008. Neuroendocrine and physiological regulation of intake with particular reference to domesticated ruminant animals. *Nutrition Research Reviews*, 21: 207–234.

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.

Rutter S. 2000. Graze: a program to analyse recordings of jaw movements of ruminants. *Behavior Research Methods Instruments and Computers*, 32: 86-92.

Rutter SM, Champion RA, Penning PD. 1997. An automatic system to record foraging behaviour in free-ranging ruminants. *Applied Animal Behaviour Science*, 54: 185-195.

Stakelum P, Dillon P. 2004. The effect of herbage mass and allowance on herbage intake, diet composition and ingestive behaviour of dairy cows. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 43: 17–30.

Tothill JC, Hargreaves JNG, Jones RM, McDonald CK. 1992. Botanal – A Comprehensive Sampling and Computing Procedure for Estimating Pasture Yield and Composition. 1. Field Sampling. *Tropical Agronomy Technical Memorandum N° 78*, CSIRO Division of Tropical Crops and Pastures, St Lucia, Queensland. 24p.

Ungar ED. 1996. Ingestive behavior. En: Hogdson, J and Illius, A.W (Eds.) *The ecology and management of grazing systems*. Wallingford: CAB International. 185-218.

Van Soest PJ. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. Inthaca: Cornell University Press. 476p.

Wade MH. 1991. Factors affecting the availability of vegetative *Lolium perenne* to grazing cows with special reference to sward characteristics, stocking rate and grazing method. [Tesis de doctorado]. Rennes: University of Rennes. 57p.

Waldo DR. 1986. Symposium: Forage utilization by the lactating cow. Effect of forage quality on intake and forage-concentrate interactions. *Journal of Dairy Science*, 69: 617–632.