

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**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**

por

Santiago SCARLATO GARCÍA

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
Diciembre 2011

Tesis aprobada por el tribunal integrado por el Dr. Emilio A. Laca (University of California, Davis, EEUU), la Dra. Cristina Genro (EMBRAPA Pecuaria Sul, Bagé, Brasil), el Dr. Pablo Chilibroste y la Dra. Ana Espasandín el día 14 de diciembre de 2011. Autor: Santiago Scarlato García. Director: Ing. Agr. MSc. Pablo Soca.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Agronomía – Universidad de la República por la posibilidad que me ha dado y me sigue dando de formarme. Al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria por el apoyo brindado para mis estudios.

A Pablo Soca por la oportunidad de integrarme a su equipo, por el apoyo, las enseñanzas y el constante estímulo para pensar un país agropecuario distinto y mejor.

A Martin Do Carmo y Ana Faber por su invaluable trabajo durante la realización del experimento, y por su colaboración en el análisis y discusión de los resultados. A la Dra. Cristina Genro por su apoyo permanente durante el trabajo, con los análisis de laboratorio y por la oportunidad que me brindó de realizar una pasantía en Embrapa-Bagé. Al profesor Diego Mattiauda por sus contribuciones a la discusión de los resultados durante los seminarios.

A la Dra. Mariana Carriquiry por sus excelentes aportes en el procesamiento y discusión de los resultados del experimento.

A Dorrel Bentancor, Victoria Cal, Oscar Cáceres, Mauricio Cáceres, tesistas de grado de facultad, colaboradores de Brasil, y a la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt por hacer posible la realización del experimento.

A la Asociación de Estudiantes de Agronomía, que me permitió abrir la cabeza a pensar que es posible una sociedad distinta, y que hay que trabajar para eso...

Al Grupo Minas de productores ganaderos que me enseñaron a sentir la pasión por la ganadería y nuestros campos.

A mis padres, hermanas, familia y amigos, que me apoyaron siempre de forma incondicional, como de costumbre.

A Caro, por su apoyo, comprensión y paciencia...

TABLA DE CONTENIDOS

| | Página |
|---|--------|
| PÁGINA DE APROBACIÓN | II |
| AGRADECIMIENTOS | III |
| RESUMEN | VI |
| SUMMARY | VII |
| | |
| 1. <u>INTRODUCCIÓN</u> | 1 |
| 1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA, OBJETIVOS E HIPÓTESIS .. | 1 |
| 1.2. EL PROCESO DE PASTOREO EN EL ECOSISTEMA PASTORIL ... | 5 |
| 1.3. PATRÓN DE COMPORTAMIENTO DE RUMIANTES EN PASTOREO..... | 8 |
| 1.4. FACTORES QUE AFECTAN EL PATRÓN DE COMPORTAMIENTO DE RUMIANTES EN PASTOREO | 9 |
| 1.4.1. <u>Factores ambientales externos</u> | 10 |
| 1.4.1.1. Factores abióticos | 10 |
| 1.4.1.2. Factores bióticos | 11 |
| 1.4.2. <u>Factores internos del animal</u> | 12 |
| 1.4.2.1. Estado fisiológico | 13 |
| 1.4.2.2. Peso vivo y condición corporal | 13 |
| 1.4.2.3. Grupo genético animal | 14 |
| | |
| 2. <u>FORAGING BEHAVIOR OF BEEF COWS GRAZING NATIVE GRASSLAND: EFFECT OF HERBAGE ALLOWANCE ON TEMPORAL AND SPATIAL GRAZING PATTERNS</u> | 15 |
| 2.1. ABSTRACT | 16 |
| 2.2. INTRODUCTION | 17 |
| 2.3. MATERIALS AND METHODS | 19 |
| 2.3.1. <u>Treatments and experimental design</u> | 19 |
| 2.3.2. <u>Animals</u> | 20 |

| | |
|---|----|
| 2.3.3. <u>Pasture</u> | 20 |
| 2.3.4. <u>Foraging behavior: grazing and ruminating time</u> | 21 |
| 2.3.5. <u>Foraging behavior: spatial grazing pattern</u> | 21 |
| 2.3.6. <u>Weather conditions and temperature–humidity index</u> | 23 |
| 2.3.7. <u>Statistical analyses</u> | 24 |
| 2.4. RESULTS | 25 |
| 2.4.1. <u>Weather and pasture</u> | 25 |
| 2.4.2. <u>Temporal behavior pattern</u> | 28 |
| 2.4.3. <u>Spatial behavior pattern</u> | 32 |
| 2.5. DISCUSSION | 34 |
| 2.6. CONCLUSION | 39 |
| 2.7. REFERENCES | 40 |
| | |
| 3. <u>DISCUSIÓN GENERAL</u> | 46 |
| | |
| 4. <u>CONCLUSIONES</u> | 53 |
| | |
| 5. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> | 54 |

RESUMEN

El comportamiento en pastoreo presenta una relación directa con el balance energético de los animales, regulando el consumo de forraje y el costo de energético del proceso de cosecha. El presente estudio se desarrolló durante 2 años en un pastizal nativo en Uruguay, para cuantificar el tiempo de pastoreo y rumia y el patrón de uso del espacio de vacas de cría que pastoreaban a dos ofertas de forraje (OF; 4 y 2,5 kg MS/kg PV, alta y baja, respectivamente) en un diseño de bloques completos al azar (Bloque 1: vacas Hereford y Aberdeen Angus puras y Bloque 2: sus cruza F1). Se utilizaron 16 vacas que fueron asignadas a cuatro parcelas (n=4 para OF y bloque), en un sistema de pastoreo continuo. Se empleó el método Put-and-take para ajustar mensualmente la OF. El tiempo de pastoreo y rumia se registró durante períodos de 24 horas usando dispositivos IGER. La ubicación de las vacas en la parcela durante el pastoreo se registró mediante observación directa. Se utilizó un índice de preferencia relativa para cuantificar la preferencia por las zonas baja, ladera y alto de cada parcela. Los períodos de registro fueron: primavera 2007, 2008 y 2009, otoño 2008, e invierno 2008 y 2009. El pastoreo fue mayoritariamente diurno con dos sesiones principales, una en la mañana y otra en la tarde. El tiempo de pastoreo fue mayor ($P \leq 0,047$) en OF baja respecto a alta en primavera y otoño, en respuesta a la menor cantidad de forraje y altura de la pastura. El tiempo de rumia disminuyó ($P \leq 0,044$) en OF baja respecto a alta en primavera, otoño e invierno, lo que podría indicar menor consumo de MS, y evidenciar limitaciones para compensar las condiciones impuestas por la pastura. En general, la preferencia por las zonas de la parcela no fue afectada por la OF ($P > 0,05$). En la mañana las vacas pastorearon en la zona baja ($P < 0,05$) cerca del agua, mientras que durante la tarde lo hicieron en la zona alta ($P < 0,05$) que presentaba mayor cantidad de forraje. Cuantificar el comportamiento espacio-temporal de rumiantes en pastoreo en ambientes heterogéneos puede contribuir a mejorar los sistemas ganaderos, generando beneficios para los suelos, plantas, herbívoros y seres humanos.

Palabras clave: bovinos, comportamiento ingestivo, tiempo de pastoreo

SUMMARY

Foraging behavior of beef cows grazing native grassland: Effect of herbage allowance on temporal and spatial grazing patterns

Foraging behavior has a direct relationship with the animals energy balance by regulating forage intake and energy cost of grazing process. A 2 years study was conducted on a native grassland located in Uruguay, to quantify grazing and ruminating times and patterns of spatial use in cows grazing at two herbage allowances (HA; 4 and 2.5 kg DM kg⁻¹ BW, for high and low, respectively), in a completely randomized block design (Block 1: Hereford and Aberdeen Angus purebred cows and Block 2: their F1crossbred cows). Sixteen cows (n=4 for HA and block) were assigned to 4 plots, remaining there in a continuous grazing system. The Put-and-take method was used monthly to adjust HA. Grazing and ruminating times were recorded over 24-h period using IGER recorders. Location of cows within the plot during grazing was recorded by direct observation during daylight hours. A relative preference index was used to quantify preference for bottom, toe slope and shoulder slope zones of each plot. Recording periods were: spring 2007, 2008 and 2009, autumn 2008, and winter 2008 and 2009. Grazing was largely diurnal with two main sessions, one in the morning and another in the afternoon. Daily grazing time was greater ($P \leq 0.047$) for low than high HA cows in spring and autumn, in response for reduced HA but also for the less forage mass and height. Daily ruminating time decreased ($P \leq 0.044$) for low than high HA cows in spring, autumn and winter, suggesting a reduced DM intake, and showing constraints to compensate for limitations imposed by pasture in low HA. In general, the RPI for plot zones were not affected by HA ($P > 0.05$) but were affected by session ($P \leq 0.005$). During the afternoon grazing session, cows grazed in the shoulder slope zone ($P \leq 0.002$), with greater forage mass, while during morning grazing session, the bottom zone, close to the water source, was preferred ($P \leq 0.005$). Quantifying spatio-temporal behavior of grazing ruminants in heterogeneous environments can help improving livestock systems with a greater benefit for soils, plants, herbivores and humans.

Keywords: bovine, ingestive behavior, grazing time

1. INTRODUCCIÓN

1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA, OBJETIVOS E HIPÓTESIS

La cría vacuna constituye una actividad de importancia económica y social en Uruguay, desarrollada principalmente por productores de tipo familiar, constituyendo la base del sector exportador de carne, una fuente importante de empleo y un factor determinante en la radicación de la población en el medio rural (MGAP-DIEA, 2001; Oyhançabal y Equipos Mori, 2003).

En Uruguay la principal fuente de alimento para el ganado es el campo nativo, un tipo de cobertura vegetal formada por una gran diversidad de gramíneas y plantas herbáceas que comprende más del 70% del territorio nacional (Berretta y Do Nascimento, 1991). Uruguay integra junto al Sur de Brasil y Este de Argentina el Bioma Campos, la región de pastizales de mayor superficie de América del Sur y una de las mayores del mundo (Carvalho *et al.*, 2011). El sobrepastoreo del campo nativo por el empleo de excesiva carga animal, sumado en las últimas décadas, al avance de la actividad agrícola y forestal sobre áreas de pastizales han determinado procesos de fragmentación del paisaje, pérdida de biodiversidad, invasión biológica, erosión del suelo y contaminación del agua. En este contexto, la mejora de la sustentabilidad económica, social y ambiental de los sistemas ganaderos constituye *per se* una herramienta para la conservación del Bioma Campos (Carvalho y Batello, 2009).

Los bajos resultados productivos y reproductivos obtenidos por la cría vacuna en Uruguay constituyen una de las principales limitantes para su desarrollo, al reducir el potencial de ingreso económico de los productores (Pereira y Soca, 2000). Durante la última década, se han destetado en promedio 63 terneros cada 100 vacas entoradas (MGAP-DIEA, 2010), explicado por la gran variabilidad entre años en la producción del campo natural, y por la falta de toma de decisiones sobre la interfase planta - animal a nivel de los sistemas productivos (Pereira y Soca, 2000; Soca *et al.*, 2008). Ambos factores interactúan determinando que durante gran parte del año las

vacas de cría presenten un balance energético negativo, determinando un pobre estado corporal al parto e inicio de entore lo que determina un largo período de anestro posparto y baja probabilidad de preñez (Short *et al.*, 1990). En este contexto, el estudio del proceso de cosecha de forraje por parte del animal permitirá identificar medidas que permitan incrementar el consumo de forraje y/o reducir los costos energéticos de la actividad de pastoreo del animal, incrementando los niveles de producción de los sistemas ganaderos criadores.

La heterogeneidad florística que caracteriza al campo nativo en interacción con la variabilidad en los suelos, la topografía y el clima, determinan un ambiente pastoril con un alto grado de heterogeneidad en la distribución de los recursos (Rosengurtt *et al.*, 1939; Chapman *et al.*, 2007). En este ambiente complejo, el animal se enfrenta al desafío continuo de decidir dónde, cuándo y qué consumir (Stuth, 1991; Bailey *et al.*, 1996). Para ello, integra diversas señales del ambiente externo y de su estado metabólico interno, desarrollando diferentes mecanismos de comportamiento que resultan en patrones de conducta (Bailey y Provenza, 2008). La conducta animal en pastoreo puede definirse como la secuencia y duración en el tiempo y espacio de las actividades de pastoreo, rumia, consumo de agua, descanso e interacciones sociales. El patrón de comportamiento animal presenta una relación directa con el balance energético del animal, al regular simultáneamente el consumo de forraje y el costo energético del proceso de pastoreo. Mejorar la comprensión sobre cómo los animales utilizan la pastura en un ambiente heterogéneo permitirá diseñar sistemas de producción más eficientes en la captación y conversión de la energía solar en producto animal. Según Laca (2009), es necesario incorporar la heterogeneidad y las escalas de las interacciones ecológicas que son variables en el tiempo y el espacio (por ejemplo, selección de dieta y defoliación), para lograr avances en el manejo de los pastizales.

La investigación en el área de producción animal en pastoreo no le ha dado la suficiente atención a las relaciones entre la heterogeneidad de la pastura y la producción animal, siendo la composición y cantidad de forraje ingerido por el

animal una “caja negra” en los experimentos en pastoreo (Carvalho *et al.*, 1999). En Uruguay, la investigación en producción animal ha estudiado las relaciones entre diferentes efectos o tratamientos (oferta de forraje, carga animal, altura del tapiz) y la respuesta productiva animal, sin lograr explicar las causas y mecanismos involucrados en dichas respuestas. Los antecedentes de estudio del campo nativo se han enfocado mayoritariamente desde una perspectiva botánica y ecofisiológica (Rosengurtt, 1943; Berretta *et al.*, 2000; Olmos *et al.*, 2005, Altesor *et al.*, 2006), siendo escasos en Uruguay los trabajos que han intentado analizar las relaciones planta - animal con vacunos en pastoreo de campo nativo (Soca y Orcasberro, 1992; Piaggio, 1994; Rodríguez-Palma *et al.*, 2011). A nivel internacional, los estudios que relacionan el comportamiento y la performance animal se han desarrollado mayoritariamente sobre pasturas monoespecíficas (Kennedy *et al.*, 2007; Glienke *et al.*, 2010), existiendo menor cantidad de experimentos sobre pasturas nativas pluriespecíficas (Hejcmanová *et al.*, 2009; Thurow *et al.*, 2009; Da-Trindade, 2011). La mayor parte de los trabajos fueron realizados con vacas lecheras (Prendiville *et al.*, 2010) y animales en crecimiento (Pinto *et al.*, 2007), siendo muy escasos los trabajos que emplearon vacas de cría de razas de carne como modelo de estudio (Funston *et al.*, 1991).

El ajuste de la carga animal (animales / superficie) se ha identificado como la medida de manejo de mayor impacto en la performance de los sistemas ganaderos pastoriles. Sin embargo, en ambientes con alta variabilidad en la producción de forraje, la carga animal fija genera cambios en la oferta de forraje que afectan la performance animal. La oferta de forraje [kg materia seca pastura (MS) / kg peso vivo animal (PV)] relaciona la cantidad de forraje y la carga animal, constituyendo una herramienta útil para regular los procesos de crecimiento de forraje y su utilización por parte de los herbívoros. Experimentos nacionales y extranjeros reportan modificaciones en el comportamiento y el consumo animal en pastoreo frente a cambios en la cantidad de forraje ofrecido (Piaggio, 1994; Kennedy *et al.*, 2007; Thurow *et al.*, 2009). Conocer el patrón de conducta espacio-temporal de vacunos sometidos a cambios en la oferta de forraje permitirá identificar los niveles que

permitan maximizar el consumo de forraje minimizando el gasto energético de pastoreo, y simultáneamente obtener elevados niveles de producción por unidad de superficie. Sin embargo, a nivel nacional no existe información que describa y analice el patrón de conducta de vacas de cría en pastoreo de campo nativo a escalas compatibles con el diseño y manejo de sistemas productivos.

El objetivo general del presente trabajo fue estudiar la conducta en el espacio y tiempo de vacas de cría pastoreando campo nativo con cambios en la oferta de forraje, como forma de contribuir a la comprensión de los mecanismos involucrados en la relación planta - animal en sistemas pastoriles.

Objetivos específicos:

1. Cuantificar el patrón temporal diario de pastoreo y rumia de vacas de cría pastoreando campo nativo con cambios en la oferta de forraje.
2. Describir y cuantificar el patrón de uso del espacio de vacas de cría pastoreando campo nativo con modificaciones en la oferta de forraje, caracterizando el ambiente en pastoreo desde el punto de vista del comportamiento animal.

Hipótesis de trabajo:

1. El tiempo diario de pastoreo y rumia es afectado por el nivel de oferta de forraje: menores niveles de oferta de forraje determinan el aumento en el tiempo dedicado al pastoreo y reducción del tiempo de rumia.
2. El patrón de uso del espacio de vacas de cría en pastoreo de campo nativo es afectado por la oferta de forraje: menores niveles de oferta de forraje incrementan el tiempo de pastoreo en zonas de la parcela con mayor cantidad de forraje. Es posible establecer relaciones entre atributos del ambiente en pastoreo (topografía, ubicación del agua, abrigo y sombra y especies vegetales) y el comportamiento

animal, mediante la cuantificación de la frecuencia de uso de distintas zonas dentro de la parcela.

1.2. EL PROCESO DE PASTOREO EN EL ECOSISTEMA PASTORIL

El pastoreo es el proceso en el cual el herbívoro consume plantas para adquirir energía y nutrientes, determinando a nivel de ecosistema el flujo de energía desde niveles tróficos inferiores (organismos productores) hacia niveles tróficos superiores. El consumo de forraje por parte del animal puede afectar el flujo de nutrientes a través de cambios en la productividad vegetal o en la proporción de ésta que ingresa al suelo. Normalmente una porción importante de la vegetación es consumida por los herbívoros, disminuyendo la cantidad de nutrientes que efectivamente ingresa al suelo. El pastoreo puede además, modificar la producción de forraje debido a la remoción de biomasa verde, reduciendo en consecuencia el área foliar y la intercepción de radiación (Piñeiro, 2011). El balance entre estos mecanismos determina la eficiencia de captación de energía solar y su conversión a producto animal. Intervenir sobre estos procesos a través de la regulación de las interacciones planta-animal (producción vegetal y consumo animal) constituye la base del manejo de los sistemas pastoriles, al procurar estrategias que permitan maximizar la captación de radiación solar, la producción vegetal y su conversión eficiente a producto animal, en paralelo con un incremento del flujo de nutrientes hacia el suelo.

Los sistemas pastoriles se caracterizan por una gran complejidad, al sumarse la heterogeneidad natural, con variaciones en el espacio y el tiempo en la distribución de distintos factores bióticos (cantidad y calidad de forraje) y abióticos (agua, topografía, abrigo y sombra), y las restricciones impuestas por el manejo humano (Bailey *et al.*, 1996). Esto condiciona el uso que el animal hace del ambiente para las distintas actividades de pastoreo, rumia, descanso y relaciones sociales y modifica sus patrones de movimiento y uso del espacio (Stuth, 1991; Chapman *et al.*, 2007).

La heterogeneidad en la distribución de los recursos en el tiempo y el espacio justifica la necesidad de una aproximación jerárquica para su estudio. En la Figura 1 se presenta un modelo conceptual que analiza el uso del espacio por los animales en pastoreo (Senft *et al.* 1987). El proceso de selección de la dieta se integra por acciones que ocurren a distintas escalas espaciales y temporales. Durante el pastoreo, previo a seleccionar una planta para consumir, el animal debió seleccionar un área del paisaje, dentro de la cual debió optar por un área específica dentro de una determinada comunidad de plantas.

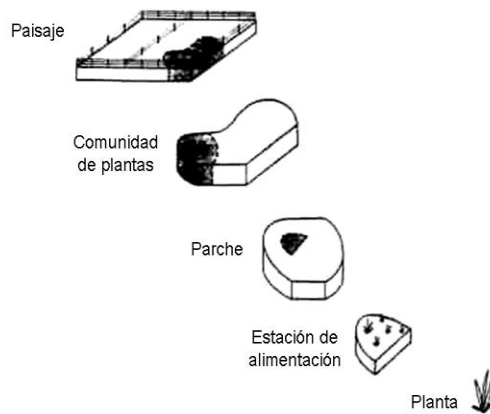


Figura 1. Aproximación jerárquica al estudio del proceso de selección de la dieta (adaptado de Stuth, 1991)

Años después, Bailey *et al.* (1996) propusieron un nuevo modelo jerárquico para describir el patrón de pastoreo de herbívoros. Cada nivel jerárquico fue definido funcionalmente, en base a las características del comportamiento y al tiempo involucrado. Se identificaron 6 escalas jerárquicas, a las que se asociaron distintas unidades temporales y espaciales que varían en su dimensión absoluta, dependiendo del tamaño corporal y la estrategia de pastoreo del herbívoro (Bailey *et al.*, 1996). (Cuadro 1).

Cuadro 1. Escalas espacio - temporales de herbívoros en pastoreo (Bailey *et al.*, 1996)

| ESCALA ESPACIAL | ESCALA TEMPORAL | Definición comportamental | Criterio de selección | Mecanismos involucrados |
|--------------------------|------------------------|--|---|--|
| Bocado | 1-2 segundos | Movimientos mandibulares, de lengua y cuello | Concentración de nutrientes, toxinas y compuestos secundarios. Tamaño de plantas | Tasa de consumo, selección de la dieta, consecuencias posingestivas |
| Estación de alimentación | 5-100 segundos | Posición de las patas delanteras | Abundancia y calidad de forraje, especies de plantas. Interacciones sociales | Velocidad de tránsito, tasa de consumo, frecuencia de retorno |
| Parche | 1-30 minutos | Reorientación hacia un nuevo lugar. Intervalos entre pastoreos | Abundancia y calidad de forraje, especies de plantas. Interacciones sociales y topografía | Velocidad de tránsito, tasa de consumo, frecuencia de retorno y memoria espacial |
| Sitio de pastoreo | 1-4 horas | Sesión de pastoreo | Topografía, distancia al agua. Calidad y cantidad de forraje. Predación | Reglas de orientación y memoria espacial |
| Campo de pastoreo | 1-4 semanas | Áreas centrales próximas donde los animales descansan y beben agua | Disponibilidad de agua, abundancia de forraje. Termorregulación, competencia | Migración y memoria espacial |
| Región de pastoreo | 1 mes - 2 años | Dispersión y migración | Disponibilidad de agua, abundancia de forraje. Termorregulación, competencia | Migración y dispersión |

La escala espacio - temporal más pequeña corresponde al bocado, pudiendo definirse como la secuencia de prehensión del forraje mediante movimientos de mandíbula y lengua (Bailey *et al.*, 1996). La estación de pastoreo se establece cuando el animal deja de caminar, baja su cabeza y come una planta (Stuth, 1991), pudiendo definirse como un semicírculo hipotético de plantas disponibles en frente del animal, que es posible alcanzar sin mover las patas delanteras (Bailey *et al.*, 1996). Un parche es un agregado de estaciones de pastoreo, separado de otros parches por una detención en la secuencia del pastoreo, cuando el animal reorienta su búsqueda hacia un nuevo lugar (Bailey *et al.*, 1996). El parche se define también como un área donde se observa una agregación espacial de los bocados, con una tasa de consumo instantánea constante (Carvalho *et al.*, 1999). Los sitios de pastoreo, corresponden a la escala espacial en la cual se lleva adelante una sesión de pastoreo, definida como cambios en el comportamiento, pasando del pastoreo al descanso, rumia u otra actividad distinta al pastoreo (Bailey *et al.*, 1996).

Las decisiones que el animal toma a escalas espaciales y temporales mayores tienen potencialmente mayor impacto sobre el proceso de pastoreo, dado que ocurren con poca frecuencia y determinan los procesos a niveles inferiores. A su vez, las consecuencias del comportamiento a niveles jerárquicos inferiores podrían ser utilizadas por el animal para desarrollar expectativas acerca de las escalas superiores mediante el empleo de la memoria espacial y las consecuencias digestivas de ingestas previas. De esta manera, los herbívoros integran la información del comportamiento a niveles inferiores (bocado, estación de pastoreo y parche) para poder evaluar las alternativas a niveles mayores (sitios, campos y regiones de pastoreo) (Provenza, 1995; Bailey *et al.* 1996).

1.3. PATRÓN DE COMPORTAMIENTO DE RUMIANTES EN PASTOREO

Los vacunos a pastoreo exhiben un patrón básico de comportamiento caracterizado por la alternancia, durante el día del pastoreo, rumia, descanso e interacciones sociales (Arnold y Dudzinski, 1978). Los vacunos de razas de carne

pastorean entre 7 y 12 horas por día, incluyendo el tiempo dedicado a búsqueda y consumo de forraje (Vallentine, 2001; Hejmanová *et al.*, 2009). En climas templados, los rumiantes presentan entre 3 y 4 sesiones principales de pastoreo diarias (Gibb *et al.* 1998). Otras sesiones de pastoreo de menor intensidad y duración ocurren durante la noche, representando un porcentaje menor del tiempo diario de pastoreo (Gregorini *et al.*, 2006). La sesión de pastoreo de la tarde presenta generalmente mayor intensidad y duración, procurando los animales el consumo forraje con mayor contenido de fibra (Rutter, 2006; Hirata *et al.*, 2010). Este patrón de comportamiento ha sido propuesto como una estrategia anti-predatoria al minimizar los requerimientos de pastoreo durante la noche (Rutter, 2006).

Los rumiantes a pastoreo utilizan de forma diferencial distintas áreas o sitios. El patrón espacial de pastoreo resulta afectado por: la pendiente del terreno, distancia al agua, distancia a la sombra o abrigo, temperatura, viento, barreras físicas naturales o impuestas por el hombre, y atractivos como sales y suplementos (Bailey *et al.*, 1996). Una vez que los animales conocen el terreno donde pastorean son capaces de retener la información acerca de la localización de los puntos de agua, sombra y sitios de alimentación. Mediante el empleo de la memoria espacial, los rumiantes son capaces establecer rankings de sitios de alimentación, maximizando el consumo, minimizando el esfuerzo de desplazamiento y manteniendo el balance térmico (Bailey y Provenza, 2008).

1.4. FACTORES QUE AFECTAN EL PATRÓN DE COMPORTAMIENTO DE RUMIANTES EN PASTOREO

La conducta de rumiantes a pastoreo puede ser modificada por distintos factores ambientales externos bióticos y abióticos, así como por factores internos del animal (Bailey *et al.*, 1996), determinando cambios tanto en la duración y distribución de las distintas actividades durante el día, como en el uso de distintas áreas o sitios del ambiente.

1.4.1. Factores ambientales externos

1.4.1.1. Factores abióticos

Las fuentes de agua son el principal foco alrededor del cual los bovinos orientan su estrategia de pastoreo. Los animales procuran aquellas pasturas cercanas a las fuentes de agua disponibles. La ubicación de aquellos sitios que aporten abrigo o sombra, en combinación con el efecto del viento pueden modificar la intensidad de pastoreo que potencialmente recibiría un sitio (Stuth, 1991). Los herbívoros cosechan alimento en primer término y luego se desplazan hacia sitios de descanso o a áreas de menor riesgo de predación, a digerir el forraje ingerido previamente (Stuth, 1991). Los factores abióticos tienen una marcada influencia en la selección de sitios para actividades distintas al pastoreo, como descanso y rumia (Bailey y Provenza, 2008). El uso de atractivos como sales y suplementos pueden modificar los patrones de pastoreo, atrayendo al animal y aumentando la frecuencia de uso de ese lugar (Distel *et al.*, 2004; Bailey y Provenza, 2008).

El fotoperíodo es un factor importante en el control de la actividad de pastoreo, al definir la ubicación de las principales sesiones diarias de alimentación, determinando el patrón diario de pastoreo. La reducción en las horas de luz del día genera una disminución del número y aumento de la duración de las sesiones de pastoreo (Gregorini *et al.*, 2006). El pastoreo durante las horas de luz podría asociarse tanto a una mayor facilidad para la búsqueda y selección del alimento respecto a la noche, como a la existencia de un efecto directo de la luz sobre el apetito (Linnane *et al.*, 2001). Otros autores proponen que el pastoreo durante las horas de luz responde a un intento por reducir el riesgo de predación (Rutter, 2006).

La necesidad de los animales de mantener su temperatura corporal dentro de la zona termo-neutral (15 a 25° C, NRC, 1996) puede modificar tanto el patrón temporal de conducta, como su distribución en el espacio (Harris *et al.*, 2002). Cuando la temperatura ambiente durante el día se encuentra dentro de la zona termo-

neutral, alrededor del 90% de la actividad de pastoreo se desarrolla durante las horas de luz. Con temperaturas inferiores los animales limitan el pastoreo en la noche, incrementando el pastoreo durante la tarde. Temperaturas del ambiente superiores a la zona termo-neutral pueden determinar la reducción en la actividad de pastoreo durante los momentos de mayor radiación solar (mediodía), pastoreando durante el día en zonas cercanas a las fuentes de agua y sombra (Harris *et al.*, 2002). A su vez, en períodos del año de altas temperaturas, los vacunos reducen el pastoreo en la tarde y aumentan el pastoreo nocturno. El pastoreo durante la noche presenta generalmente una menor dispersión en el espacio, concentrándose en las zonas donde el animal se encontraba en las horas previas al anochecer. La pérdida de las referencias visuales durante las horas de oscuridad determina que los animales pastoreen en lugares cercanos a las áreas de descanso nocturno (Stuth, 1991).

1.4.1.2. Factores bióticos

La composición de las especies vegetales, la morfología de las plantas, así como la productividad, cantidad y calidad de forraje afectan la distribución del pastoreo en el tiempo y el espacio (Chapman *et al.*, 2007; Bailey y Provenza 2008). La heterogeneidad en la distribución del forraje determina que el animal deba seleccionar su dieta a diferentes niveles jerárquicos, debiendo orientar su búsqueda desde el sitio dentro del paisaje hasta la parte de la planta a cosechar (Stuth, 1991; Laca, 2008). Los herbívoros seleccionan las áreas de pastoreo principalmente en base a la calidad y/o la cantidad de forraje, o en función de la abundancia de determinadas especies vegetales, visitando con mayor frecuencia y permaneciendo más tiempo en aquellos espacios más atractivos (Bailey *et al.*, 1996; Bailey y Provenza, 2008). Ganskopp y Bohnert (2009) trabajando en potreros de más de 800 ha, encontraron una concentración de la actividad de pastoreo en zonas del terreno con mayor concentración de proteína cruda y menor contenido de FDN. Sin embargo, los autores reportan que otros factores como la distancia al agua y la pendiente del terreno presentaron mayor influencia sobre la localización del pastoreo que los atributos químicos de la pastura. En topografías escarpadas, las características

geofísicas del terreno probablemente sean el principal determinante de los patrones de distribución de ganado (Ganskopp y Bohnert, 2009).

El patrón diario de pastoreo, rumia y descanso puede variar en respuesta a cambios en la cantidad y calidad de la pastura. En condiciones de escasa cantidad y/o calidad de forraje, los animales incrementan el tiempo de pastoreo, la tasa de bocado (Hodgson, 1990), el número de estaciones de pastoreo (Gonçalves *et al.*, 2009) y los parches de pastoreo (Laca *et al.*, 1994), intentando mantener el nivel de consumo de forraje (Dumont y Gordon, 2003; Fryxell, 2008). Reducciones en la disponibilidad (altura, oferta, accesibilidad) y/o calidad del forraje determinan un incremento en el tiempo de pastoreo diario (Jamieson y Hodgson, 1979), en respuesta a la disminución de su capacidad de ingesta en el corto plazo (Hodgson, 1985). Chacon y Stobbs (1976) trabajando con vacas en pastoreo continuo sobre gramíneas tropicales obtuvieron incrementos en el tiempo de pastoreo a medida que disminuía la cantidad de hojas en la pastura. Diversos estudios realizados en el sur de Brasil sobre pasturas nativas reportan un aumento del tiempo de pastoreo en respuesta a reducciones en la oferta de forraje y la altura de la pastura (Thurow *et al.*, 2009; Da-Trindade, 2011).

En situaciones de muy escasa disponibilidad de forraje, la capacidad de compensar la menor tasa de consumo mediante el incremento del tiempo de pastoreo está limitada, al competir el pastoreo con otras actividades como rumia y descanso, determinando reducciones en el consumo total de forraje (Gibb, 2006). Stobbs, (1975), sugiere que en pasturas tropicales la capacidad de los vacunos de incrementar el tiempo de pastoreo diario se encuentra limitada por la fatiga física, al superarse los 720 min/día.

1.4.2. Factores internos del animal

La selección de la dieta o un sitio de pastoreo son afectados por el estado metabólico interno del animal y el feedback posingestivo de experiencias pasadas (Provenza, 1995; Bailey y Provenza 2008). Existe evidencia de que el animal

selecciona dinámicamente varios alimentos para satisfacer sus necesidades de nutrientes y para evitar el consumo de cantidades importantes de toxinas (Provenza, 1995). Del mismo modo, la decisión de cambio de sitio de pastoreo, involucraría la saciedad por el lugar o por determinado alimento allí presente, al irse tornando cada vez menos adecuado, ya sea por déficits, excesos o desbalances, en relación a las necesidades internas del animal (Bailey y Provenza, 2008).

1.4.2.1. Estado fisiológico

El estado fisiológico del animal afecta el comportamiento en pastoreo, existiendo experimentos realizados en ovejas (Arnold, 1975), vacas lecheras (Gibb *et al.*, 1999) y vacas de razas carniceras (Vanzant *et al.*, 1991), que reportan incrementos del tiempo diario de pastoreo de animales lactando respecto a animales no lactantes. Arnold (1975) reporta que ovejas lactantes incrementaron el tiempo diario de pastoreo entre 7 y 17 % respecto a no lactantes. Gibb *et al.* (1999) encontraron que vacas lecheras lactantes incrementaron el tiempo diario de pastoreo en 2 horas y el tiempo de rumia en 30 min, en comparación con vacas no lactantes. Vanzant *et al.*, (1991) trabajando con vacas Hereford x Angus obtuvieron tiempos de pastoreo de 8,1 y 6,5 horas/día para vacas lactantes (un mes pos-parto) y no lactantes, respectivamente. Farruggia *et al.* (2006) por su parte, reportan una mayor selectividad de vacas lactantes en relación a vacas secas, seleccionando una mayor cantidad de bocados en parches de forraje verde. Bailey *et al.* (2001) reportan que vacas no lactantes utilizaron zonas más alejadas (vertical y horizontalmente) del agua que vacas lactantes.

1.4.2.2. Peso vivo y condición corporal

Erlinger *et al.* (1990) trabajando con vacas de distintas razas asociadas a diferente tamaño adulto reportan una relación directa entre el tiempo de pastoreo diurno y tamaño corporal o peso adulto. Vacas Angus (peso adulto 387 kg) pastorearon menos tiempo que vacas Hereford y RedPoll (peso adulto 468 kg),

correspondiendo los mayores tiempos de pastoreo a vacas Charolais y Chianina (peso adulto 589 kg). Arnold y Birrel (1978) identificaron un pequeño incremento del tiempo de pastoreo de ovejas flacas en comparación con ovejas gordas.

1.4.2.3. Grupo genético animal

Se han detectado diferencias entre grupos genéticos en el comportamiento en pastoreo, variando los patrones de uso del espacio. Vacas de raza Tarentaise originarias de los Alpes franceses, utilizaron sitios topográficos más elevados e inclinados y más lejanos al agua respecto a las vacas Hereford (Bailey *et al.*, 2001). Funston *et al.* (1991) reportan mayores tasas de bocado y una tendencia a pastorear más tiempo de vacas cruce Aberdeen Angus x Hereford respecto a vacas de raza Hereford, no evidenciándose diferencias en peso corporal y producción de leche. Stricklin *et al.* (1976), por su parte, encontraron que vacas cruce Charolais x Angus pastorearon más tiempo que vacas Angus. Sin embargo, Kropp *et al.* (1973) no encontraron diferencias en el tiempo diario de pastoreo, rumia y descanso entre vacas no lactantes Hereford, Hereford x Holstein y Holstein. Dumont *et al.* (2007) señalan la dificultad de separar las diferencias genotípicas reales entre razas de los efectos ambientales, particularmente aquellos relacionados a la experiencia en las primeras etapas de la vida, que han demostrado tener marcada influencia sobre la selección de la dieta en vacunos.

2. FORAGING BEHAVIOR OF BEEF COWS GRAZING NATIVE GRASSLAND: EFFECT OF HERBAGE ALLOWANCE ON TEMPORAL AND SPATIAL GRAZING PATTERNS¹

Santiago Scarlato^{a,*}, Mariana Carriquiry^b, Martín Do Carmo^a, Ana Faber^a, Cristina Genro^c, Pablo Soca^a

^a *Department of Animal Production and Pastures, School of Agronomy (EEMAC), Universidad de la República. Ruta 3, km 363, 6000. Paysandú, Uruguay*

^b *Department of Animal Production and Pastures, School of Agronomy, Universidad de la República. Av. E. Garzón 780, 12900. Montevideo, Uruguay*

^c *EMBRAPA – CPPSUL. Bagé, Brasil*

* Corresponding author. Tel.: +00598-23559636; fax: +00598-23543460. E-mail address: sscarlato@gmail.com (S. Scarlato).

¹ Artículo elaborado de acuerdo a las normas de Applied Animal Behaviour Science.

2.1. ABSTRACT

A 2 years study was conducted on a native grassland located in South America, to quantify grazing and ruminating times and patterns of spatial use in beef cows grazing at two herbage allowances (HA; 4 and 2.5 kg DM kg⁻¹ BW, for high and low, respectively) in a completely randomized block design (Block 1: Hereford and Angus purebred cows and Block 2: their F1 crossbred cows). Sixteen cows (n=4 for HA and block) were assigned to 4 plots, remaining there in a continuous grazing system. The Put-and-take method was used monthly to adjust HA. Grazing and ruminating times were recorded over 24-h period using IGER recorders for 3 consecutive days. Location (bottom, toe slope and shoulder slope zones) of cows within the plot during grazing activity was recorded by direct observation during daylight hours, and a relative preference index (RPI) was used to quantify preference for each zone. Recording periods were: spring 2007, 2008, and 2009, autumn 2008, and winter 2008 and 2009. Grazing activity was largely diurnal with two main sessions, one in the morning and another in the afternoon. Daily grazing time was greater ($P \leq 0.047$) for low than high HA cows in spring and autumn, which could indicate a compensatory mechanism for reduced HA but also for the less forage mass and height. Daily ruminating time decreased ($P \leq 0.044$) for low than high HA cows in spring, autumn and winter, suggesting a reduced DM intake, and showing constraints to compensate for limitations imposed by pasture in low HA. In general, the RPI for plot zones were not affected by HA ($P > 0.05$) but were affected by session ($P \leq 0.005$). During the afternoon grazing session, cows grazed in the shoulder slope zone ($P \leq 0.002$), with greater forage mass availability, while during morning grazing session, the bottom zone, close to the water source, was preferred ($P \leq 0.005$). This spatio-temporal behavior pattern may indicate an attempt to maximize intake prior to dusk, through increasing intake rate, minimizing the risk of predation. Quantifying spatio-temporal behavior of grazing ruminants in heterogeneous environments may help to improve livestock systems by integrating behavioral principles and processes into management practices.

Keywords: cattle, ingestive behavior, native pasture, grazing time, ruminating time.

2.2. INTRODUCTION

Grasslands occupy 40.5% of the world's land surface providing about 70% of the feed for domestic ruminants (Lund, 2007). The Campos region is part of the Río de la Plata native grasslands, the largest biogeographic unit of native grasslands in South America, and one of the largest in the world (Soriano, 1991; Carvalho et al., 2011). Sustainable grassland management should increase efficiency in the use of energy, improving productivity and enhancing biodiversity. In this context, the knowledge of the spatio-temporal behavior of grazing ruminants in heterogeneous environments would help to optimize management of livestock systems (Gibb, 2006).

When an animal grazes a plant, it has taken a hierarchy of behavioral actions leading to the point of prehension and intake (Stuth, 1991). To satisfy its nutritional needs under the restrictions imposed by the pasture, management, and environment, grazing cattle modify eating behavior in terms of eating time, bite rate, intake rate, and movement patterns (Bailey and Provenza, 2008; Hirata et al., 2010). Many landscape and animal characteristics interact to affect livestock foraging patterns in native pastures. Daily grazing and ruminating times as well as spatial patterns could change according to cow physiological stage (Vanzant et al., 1991), photoperiod (Linnane et al., 2001), weather (Harris et al., 2002), topography, location of water, shade, and shelter (Stuth, 1991), and pasture attributes (Hodgson, 1985; Bailey and Provenza, 2008). Sward structure, quality, and daily herbage allowance [HA, kg dry matter (DM) kg^{-1} body weight (BW)] are important factors that influence grazing behavior in cultivated pastures (Hodgson, 1985; Kennedy et al., 2007). Animals increased daily grazing time as HA, forage height or mass declined (Jamieson and Hodgson, 1979; Gibb et al., 1997) in response to the reduction in the short-term intake rate (Hodgson, 1985). Similar results were reported for cattle grazing South Brazilian native grasslands (Thurrow et al., 2009; Da-Trindade, 2011). However, in situations of very low forage availability (less than 1000 kg DM ha^{-1}), it has been shown that the ability to compensate for the lower intake rate by increasing grazing

time is limited, as grazing competes with other activities such as rumination and rest, determining reductions in total forage intake (Chacon and Stobbs, 1976; Gibb, 2006).

Moreover, not only grazing and ruminating times are affected by pasture characteristics, but also changes in spatial behavior pattern would occur in order to maintain daily intake (Dumont and Gordon, 2003; Fryxell, 2008). As forage quantity and/or quality declined, animals increased the number of feeding stations (Gonçalves et al., 2009) and grazing patches (Laca et al., 1994). Spatial variation within landscapes resulted in a heterogeneous distribution of animals' food resources. Hence, the movement strategy that animals use while grazing on spatially dispersed resources is crucial to their success in exploiting them (Knecht et al., 2007). Water sources are the primary focus around which cattle orientate their grazing strategies, followed by the search for thermal balance (Stuth, 1991). Cattle usually visit more often and spend more time in areas of the landscape or pasture that have greater quantity and/or quality of forage (Bailey and Provenza, 2008; Ganskopp and Bohnert, 2009). However, during the day animals switch between preferred and less preferred species and eat mixed diets, even when the preferred species are less accessible and in a less favorable abiotic environment (Hirata et al., 2010).

Although, many experiments have been conducted to study the grazing behavior of cattle (Jamieson and Hodgson, 1979; Gibb et al., 1997; Hirata et al., 2010), long-term studies throughout the gestation-lactation cycle of beef cows grazing native grasslands are scarce (Funston et al., 1991). Quantify spatio-temporal behavioral patterns in response to changes in HA and sward characteristics could help to understand the processes involved in the plant-animal interaction (Soder et al., 2009), improve management practices (Villalba and Provenza, 2009), and therefore optimize production, environment preservation and animal welfare (Rutter, 2010). The aim of this study was to quantify grazing and ruminating times and spatial behavior patterns of beef cows grazing native pastures at two HA.

2.3. MATERIALS AND METHODS

The study was conducted on 60 ha of native grasslands located in the Prof. Bernardo Rosengurtt Experimental Station (School of Agronomy), Cerro Largo, Uruguay (32 ° 35 ' S, 54 ° 15' W) between December 2007 and December 2009. Native pastures were dominated by summer-growing C4 grasses (*Poaceae*), with few C3 grasses associated with the winter cycle. The main forb families included *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Rubiaceae* and *Umbelliferae* (Rosengurtt 1943). The long-term averages (1980–2009) of mean daily air temperature and total year rainfall are $17.8 \pm 4^\circ \text{C}$ and $1411 \pm 12 \text{ mm}$, respectively (Castaño et al., 2010).

2.3.1. Experimental design and treatments

The experiment was conducted in a randomized block design with two replications (block 1: Hereford and Aberdeen Angus purebred cows, and block 2: Hereford x Aberdeen Angus and Aberdeen Angus x Hereford F1 crossbred cows). Two treatments of HA were applied: high and low HA (4 and 2.5 kg DM kg⁻¹ BW annual mean, respectively) that varied among seasons (autumn: 5 and 3, winter: 3 and 3, spring and summer: 4 and 2 kg DM kg⁻¹ BW, for high and low HA, respectively). Treatments of HA had different plot sizes (20 and 10 ha, for high and low HA, respectively) which did not change during the experiment. The HA was calculated as: $HA = (TFM_1/TBW_1 + TFM_2/TBW_2)/2$, where TFM was the total plot forage mass (kg DM per plot), TBW was the total plot BW (kg BW per plot), and indices 1 and 2 represented two consecutive measurements before and after animal behavior measurement periods (Sollenberger et al., 2005). The Put-and-take method (Mott and Lucas, 1952) was used monthly to adjust HA since August 2007. Experimental animals were maintained in the plot throughout the experiment in a continuous grazing system, and “put and take” cows were added or removed based on forage mass (Burns, 2006). Foraging behavior was recorded at six measurement periods: spring 2007 (12 to 18 December 2007), autumn 2008 (26 March to 4 April 2008), winter 2008 (17 July to 6 August 2008), spring 2008 (24 November to 15

December 2008), winter 2009 (10 to 27 August 2009) and spring 2009 (25 November to 9 December 2009).

2.3.2. Animals

Sixteen adult cows were used as experimental animals ($n = 4$ per HA treatment and block). Cows mating season was in January, and calving season between October and November. Calves were weaned from their dams between January and February, each year. During the behavior recording periods, cows were in the second month of gestation in autumn (78 ± 12 days of gestation), sixth month of pregnancy in winter (195 ± 12 and 193 ± 15 days of gestation, for 2008 and 2009, respectively), and first to second month of lactation in the spring (50 ± 20 , 45 ± 12 and 33 ± 7 days of lactation, for 2007, 2008 and 2009, respectively). During behavior recording periods conducted in spring (during lactation), all cows were in anestrus (confirmed by two ultrasound measurements in a 10-d interval). Put-and-take cows were of similar breed, size, BW, and physiological stage as experimental cows. Cows BW during measurement periods were in average 487 ± 15 and 463 ± 18 kg in autumn, 463 ± 12 and 430 ± 16 kg in winter, and 463 ± 15 and 429 ± 18 kg in spring, for high and low HA cows, respectively. Cow body condition score on a (scale of 1–8, Vizcarra et al., 1986) were in average 4.6 ± 0.2 and 4.9 ± 0.2 in autumn, 4.5 ± 0.1 and 4.3 ± 0.2 in winter, and 4.0 ± 0.2 and 3.9 ± 0.2 in spring, for high and low HA cows, respectively.

2.3.3. Pasture

Forage mass (kgDM ha^{-1}) was determined monthly by the comparative yield method (Haydock and Shaw, 1975). Forage height was registered with a rule at the point of greater pasture density (Hodgson, 1990). During each behavior recording period, hand-plucked forage samples were obtained from plot sites where cows were grazing (at least in 20 locations in each plot during morning and afternoon grazing sessions). These forage samples were dried in a forced air oven at 60°C , ground in 1

mm mesh Wiley mill, and stored for chemical analyses. Samples were analysed in the Laboratory of Animal Nutrition (EMBRAPA, Bagé, Brazil) for DM, crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), and ash (AOAC 2000).

2.3.4. Foraging behavior: grazing and ruminating time

Grazing behavior over a 24-h period was recorded, during the six measurement periods (spring 2007, autumn, winter, and spring 2008, and winter and spring 2009). Experimental cows were fitted with IGER behavior recorders (Ultra Sound Advice, London, UK) (Rutter et al., 1997) during 3 days. Recorders were fitted at 07:00 h and removed the next day at 08:00 h. After removal, data were downloaded and the recorders recharged in preparation for their use the following day. Data from the recorders were analysed using the software “Graze” (Rutter, 2000). Daily grazing and ruminating times were calculated. Grazing time was defined as the time spent performing eating jaw movements including pauses between eating bouts shorter than 4 min (Gibb et al., 1999). Ruminating time was defined as time performing ruminating jaw movements plus pauses between ruminating jaw movements shorter than 20 s. (Gibb et al., 1999). Each daily grazing time was divided into four 6 h periods (00:00 to 6:00, 6:00 to 12:00, 12:00 to 18:00 and 18:00 to 24:00 h). Also, morning (sunrise to midday), afternoon (midday to sunset) and night (sunset to sunrise) grazing time were considered.

2.3.5. Foraging behavior: spatial grazing pattern

Spatial behavior pattern during daylight hours was measured during autumn (06:30 to 19:00 h), winter (08:00 to 18:00 h), and spring (08:00 to 20:30 h) 2008, and winter 2009. Each cow was observed during 3 days per season by trained observers. Experimental cows were fitted with neck collars and symbols were painted in their body for visual identification. Binoculars were used when necessary for accurate cow identification and to maintain a minimum distance from the cows in order to prevent behavior disturbances (Stricklin et al., 1976).

Cow location during grazing activity was recorded every 5 min using a zonification of each plot. Grazing activity was defined as biting or swallowing herbage, or walking with the muzzle close to the sward (Hirata et al., 2002). Each plot was divided into 3 zones (bottom, toe slope, and shoulder slope) based on topography, plant communities, and distance to water, shade, and shelter. The experimental plots had the same spatial design, with the water source located in the bottom zone, and the trees (shade and shelter for the animals) in the shoulder slope zone. Bottom, toe slope, and shoulder slope zones corresponded to 32 ± 16 , 44 ± 9 , and $24 \pm 9\%$ of total area of each plot, respectively. Botanical composition of pasture (Daget and Godron, 1982) at the beginning of the study (spring 2007) was dominated by *Axonopus affinis*, *Paspalum notatum*, *Cyperus* sp. and *Oxalis* sp. for the bottom zone, by *Axonopus affinis*, *Oxalis* sp., *Hipoxis* sp. and *Paspalum notatum* for the toe slope, and by *Cynodon dactylon*, *Gaudinia fragilis* and *Cyperus* sp. for the shoulder slope zone.

Frequency of visits to each zone during morning and afternoon grazing activities were calculated as: Frequency of grazing in x-zone during morning or afternoon = number grazing observations in x-zone during morning or afternoon / number of total morning or afternoon grazing observations, where x-zone was the bottom, toe slope, and shoulder slope zones. A relative preference index (RPI; Heady, 1964) was used to quantify the relative preference for each zone during grazing activity. The RPI was calculated by dividing the frequency of visits to each zone by the proportion of the zone area over the whole plot area. Values of RPI less than 1 suggest the zone was avoided, values equal to 1 imply cows were indifferent to the zones and used them in proportion to their presence in the plot, and values greater than 1 suggest the zone was favored (Heady, 1964; Ganskopp and Bohnert, 2009).

2.3.6. Weather conditions and temperature–humidity index

Weather conditions were recorded automatically throughout the experimental period using a Vantage Pro2 weather recorder (Davis Instruments, San Francisco, USA) located 1 km from the experimental plots. Temperature (°C), precipitation (mm), and relative humidity (%) were recorded every 30 min throughout the day, and potential evapotranspiration was estimated (based on Penman–FAO, 1979). Monthly precipitation and potential evapotranspiration during the experimental period are shown in Fig. 1.

A temperature–humidity index (THI, NOAA, 1976) was calculated hourly during the behavior recording periods as: $THI = (1.8T + 32) - [(0.55 - 0.0055RH) \times (1.8T - 26)]$; where T was temperature (°C) and RH was relative humidity (%). Values were compared with categories of the Livestock Weather Safety Index (Normal: < 74, Alert: 75-78, Danger: 79-83, Emergency: > 84; Johnson, 1994).

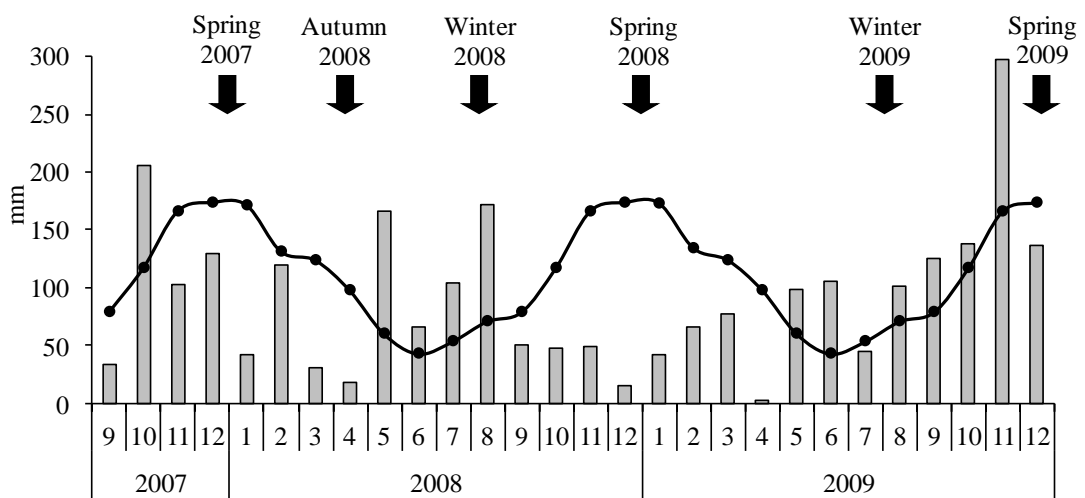


Fig. 1. Monthly precipitation (▣), potential evapotranspiration (-●-), and behavior recording periods (⬇) during the experiment.

2.3.7. Statistical analyses

The group of animals in each plot was considered the experimental unit, and therefore measures obtained in sampling units (animal) each day were averaged for each plot. Data were analysed using the SAS Systems program (SAS 9.0V, SAS Institute Inc., Cary, NC). The effect of HA on temporal and spatial behavior was analysed by each season separately, as photoperiod and weather conditions, as well as HA and cows physiological stage changed across seasons. Grazing and ruminating times for winter and spring were analysed using repeated measures with the MIXED procedure. The model included HA, year (repeated measure), and their interaction as fixed effects, and block as a random effect. The covariance structures UN or ARH (1), and the Kenward-Rogers procedure, to adjust the degrees of freedom of denominator, were specified. Grazing and ruminating times in autumn were analysed with the same model without considering year effect. Same model was used to analyse the effect of HA and year on forage mass and height. The RPI data for spring and autumn were analysed by zone with the MIXED procedure using a model that included HA, session, and their interaction as fixed effects, and block as a random effect. The model used for the analysis of RPI for winter included year as a repeated measure with UN as the covariance structure; interactions between year and HA, year and session, and among year, HA, and session were removed from the model as $P > 0.20$. Mean separation was performed using the Tukey test, and differences were considered significant at $P < 0.05$ and trends when $0.05 \leq P \leq 0.10$. Pearson correlation coefficients and stepwise regression to describe relationships between variables were estimated using the CORR and REG procedures, respectively. Results are presented as least square means \pm pooled standard error.

2.4. RESULTS

2.4.1. Weather and pasture

Average temperatures were 21 ± 5 , 19 ± 4 , and 12 ± 4 °C and daylight hours were 14.5 h, 12 h, and 10.5 h, for spring, autumn and winter recording periods, respectively. No precipitation occurred during periods of behavior data recording. The THI remained within the "Normal" range, during all behavior recording sessions, except in spring 2007, 2008, and 2009, when it reached "Alert" or "Danger" during variable periods of time from 12:00 to 18:00 h.

Forage mass in spring was affected by the interaction of HA and year ($P = 0.033$) as was greater for high than low HA ($P < 0.05$) only in 2007 and 2009 (Table 1). In autumn, forage mass tended to be greater for high than low HA ($P = 0.064$), and in winter, forage mass was greater in 2008 than in 2009 (1185 vs. 689 ± 40 ; $P = 0.008$). Forage height was greater or tended to be greater for high than low HA in spring (3.3 vs. 2.4 ± 0.2 ; $P = 0.030$), autumn ($P = 0.052$) and winter (2.5 vs. 1.7 ± 0.1 cm; $P = 0.083$) (Table 1). Forage height in spring was lower in 2008 than in 2007 and 2009 (2.3 vs. 3.1 and 3.2 ± 0.2 ; $P < 0.001$), and in winter tended to be greater in 2008 than 2009 (2.2 vs. 2.0 ± 0.1 ; $P = 0.083$) (Table 1).

In spring, the CP concentration of pasture was lower in 2007 than in 2008 (95 vs. 107 ± 3 ; $P = 0.004$). In winter, CP was lower for high than low HA (117 vs. 137 ± 6 ; $P = 0.003$), and was lower in 2008 than in 2009 (117 vs. 137 ± 6 ; $P = 0.002$) (Table 1). Pasture FDN concentration was greater for high than low HA in spring (743 vs. 715 ± 9 ; $P = 0.031$). In winter, FDN was greater in 2008 than in 2009 (729 vs. 676 ± 8 ; $P < 0.001$) (Table 1). Within each plot throughout the experiment, the forage mass was lower for bottom and toe slope than shoulder slope zone (spring: 1575 vs. 2393 , autumn: 2016 vs. 3826 , winter: 887 vs. 1491 kg DM ha⁻¹, for bottom and toe slope vs. shoulder slope zone, respectively; $P < 0.001$).

Table 1

Effect of herbage allowance (HA) and year on forage mass, height, and chemical composition during behavior recording periods.

| | 2007 | | 2008 | | 2009 | | SE | Probability values | | |
|--------------------------------------|-------------------|------|------|------|------|------|-----|--------------------|---------|---------|
| | High ¹ | Low | High | Low | High | Low | | HA | Year | HA*Year |
| Spring | | | | | | | | | | |
| Forage mass (kgDM ha ⁻¹) | 1628 | 1297 | 1486 | 1301 | 1702 | 1262 | 76 | 0.013 | 0.083 | 0.033 |
| Forage height (cm) | 3.5 | 2.6 | 2.7 | 1.9 | 3.6 | 2.7 | 0.2 | 0.030 | < 0.001 | 0.105 |
| Chemical composition ² | | | | | | | | | | |
| DM (g kg ⁻¹) | 522 | 549 | 530 | 596 | 440 | 545 | | | | |
| CP (g kgDM ⁻¹) | 94 | 96 | 102 | 112 | -- | -- | 4 | 0.133 | 0.004 | 0.315 |
| NDF (g kgDM ⁻¹) | 754 | 720 | 732 | 709 | -- | -- | 13 | 0.031 | 0.198 | 0.652 |
| Autumn | | | | | | | | | | |
| Forage mass (kgDM ha ⁻¹) | | | 2841 | 1995 | | | 83 | 0.064 | | |
| Forage height (cm) | | | 4.9 | 3.0 | | | 0.2 | 0.052 | | |
| Chemical composition ² | | | | | | | | | | |
| DM (g kg ⁻¹) | | | 466 | 543 | | | | | | |
| CP (g kgDM ⁻¹) | | | 85 | 94 | | | 5 | 0.281 | | |
| NDF (g kgDM ⁻¹) | | | 786 | 755 | | | 16 | 0.234 | | |
| Winter | | | | | | | | | | |
| Forage mass (kgDM ha ⁻¹) | | | 1296 | 1073 | 858 | 519 | 52 | 0.108 | 0.008 | 0.320 |
| Forage height (cm) | | | 2.7 | 1.8 | 2.4 | 1.5 | 0.1 | 0.083 | 0.076 | 0.879 |

Chemical composition ²

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|----|-------|---------|-------|
| DM (g kg ⁻¹) | 508 | 522 | 442 | 543 | | | | |
| CP (g kgDM ⁻¹) | 104 | 130 | 130 | 144 | 6 | 0.003 | 0.002 | 0.279 |
| NDF (g kgDM ⁻¹) | 742 | 715 | 680 | 673 | 11 | 0.157 | < 0.001 | 0.395 |

Forage mass and height corresponds to average pasture available to the animals (random samples in each plot), while chemical composition corresponds to sites of the plots where cows were grazing (hand-plucked samples).

¹ Spring: 4 vs. 2, autumn: 5 vs. 3, and winter: 3 vs. 3 kg DM kg⁻¹ BW, for high vs. low HA, respectively.

² DM: dry matter, CP: crude protein, NDF: neutral detergent fiber.

2.4.2. Temporal behavior pattern

The overall mean for daily grazing and ruminating times were 738 ± 27 min ($51 \pm 2\%$ of daily time) and 453 ± 26 min ($32 \pm 2\%$), respectively. Cows spent 249 ± 15 min per day ($17 \pm 1\%$) on other activities as resting, walking, drinking and social interaction. The $77 \pm 2\%$ of the grazing activity took place during daylight hours and $23 \pm 2\%$ during the night. Grazing activity had two mayor bouts: the first session began at dawn and lasted for 256 ± 18 min, and the second began between 14:00 to 16:00 h and lasted until dusk, with a duration of 315 ± 36 min. There were also a variable number of short grazing sessions (between 15 to 60 min), at noon, early afternoon, and night.

In spring, daily grazing time was affected by HA (Table 2), as it was 35 min longer for low than high HA cows (753 vs. 718 ± 14 ; $P = 0.047$). This increase was associated with increased grazing time during the afternoon for low than high HA (373 vs. 317 ± 25 ; $P = 0.015$). Daily ruminating time was shorter for low than high HA (482 vs. 519 ± 13 ; $P = 0.041$), and varied among years, as it was shorter in 2008 than 2007 and 2009 (460 vs. 528 and 513 ± 18 ; $P < 0.001$) (Table 2).

In autumn, daily grazing time was 63 min longer for cows in low than high HA ($P = 0.007$), mainly due to an increased grazing time in the morning ($P = 0.019$) (Table 3). In contrast, daily ruminating time was shorter for low than high HA ($P = 0.044$) (Table 3).

In winter, daily grazing time was not affected by HA ($P = 0.536$), but, there was an effect of year, as grazing time was shorter in 2008 than 2009 (720 vs. 780 ± 24 ; $P < 0.001$), associated with less grazing time at night in the first year ($P = 0.001$). Daily ruminating time was shorter for low than high HA (395 vs. 436 ± 9 ; $P = 0.005$), and also was affected by year, as was greater in 2008 than 2009 (455 vs. 377 ± 10 ; $P < 0.001$) (Table 4).

Table 2

Effect of herbage allowance (HA) and year on grazing and ruminating times in spring.

| | Spring 2007 | | Spring 2008 | | Spring 2009 | | SE | Probabilty values | | |
|------------------------------|-----------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|----|-------------------|--------|-----------|
| | High | Low | High | Low | High | Low | | HA | Year | HA x Year |
| | HA ¹ | HA | HA | HA | HA | HA | | | | |
| Daily grazing time (min) | 702 | 747 | 741 | 783 | 709 | 730 | 25 | 0.047 | 0.118 | 0.796 |
| 00:00 to 06:00 h | 53 | 52 | 60 | 60 | 71 | 39 | 14 | 0.249 | 0.859 | 0.356 |
| 06:00 to 12:00 h | 300 | 258 | 300 | 290 | 266 | 265 | 16 | 0.132 | 0.196 | 0.408 |
| 12:00 to 18:00 h | 167 | 205 | 170 | 219 | 168 | 201 | 33 | 0.041 | 0.753 | 0.878 |
| 18:00 to 24:00 h | 210 | 240 | 215 | 213 | 221 | 214 | 16 | 0.540 | 0.520 | 0.213 |
| Morning (06:30 to 12:00 h) | 272 | 237 | 288 | 264 | 257 | 250 | 18 | 0.087 | 0.213 | 0.703 |
| Afternoon (12:00 to 21:00 h) | 337 | 383 | 327 | 382 | 288 | 353 | 36 | 0.015 | 0.278 | 0.915 |
| Night (21:00 to 06:30 h) | 116 | 133 | 126 | 148 | 158 | 131 | 24 | 0.819 | 0.648 | 0.492 |
| Daily ruminating time (min) | 548 | 508 | 489 | 431 | 520 | 506 | 26 | 0.041 | <0.001 | 0.437 |

¹ HA: 4 vs. 2 kg DM kg⁻¹ BW, for high vs. low HA, respectively.

Table 3

Effect of herbage allowance (HA) on grazing and ruminating times in autumn.

| | Autumn 2008 | | SE | Probabilty values |
|------------------------------|----------------------|--------|----|-------------------|
| | High HA ¹ | Low HA | | HA |
| Daily grazing time (min) | 697 | 760 | 15 | 0.007 |
| 00:00 to 06:00 h | 85 | 110 | 11 | 0.124 |
| 06:00 to 12:00 h | 282 | 324 | 9 | 0.005 |
| 12:00 to 18:00 h | 231 | 225 | 6 | 0.790 |
| 18:00 to 24:00 h | 99 | 100 | 8 | 0.857 |
| Morning (07:00 to 12:00 h) | 254 | 287 | 9 | 0.019 |
| Afternoon (12:00 to 19:00 h) | 282 | 282 | 13 | 0.978 |
| Night (19:00 to 07:00 h) | 160 | 191 | 15 | 0.152 |
| Daily ruminating time (min) | 512 | 474 | 12 | 0.044 |

¹ HA: 5 vs. 3 kg DM kg⁻¹ BW, for high vs. low HA, respectively.

Table 4

Effect of herbage allowance (HA) and year on grazing and ruminating times in winter.

| | Winter 2008 | | Winter 2009 | | SE | Probabilty values | | |
|------------------------------|----------------------|--------|-------------|--------|----|-------------------|--------|-----------|
| | High HA ¹ | Low HA | High HA | Low HA | | HA | Year | HA x Year |
| Daily grazing time (min) | 720 | 721 | 795 | 764 | 27 | 0.353 | <0.001 | 0.272 |
| 00:00 to 06:00 h | 78 | 68 | 99 | 73 | 20 | 0.267 | 0.344 | 0.551 |
| 06:00 to 12:00 h | 280 | 268 | 277 | 307 | 16 | 0.491 | 0.088 | 0.050 |
| 12:00 to 18:00 h | 297 | 311 | 279 | 295 | 11 | 0.079 | 0.121 | 0.948 |
| 18:00 to 24:00 h | 71 | 78 | 122 | 85 | 11 | 0.091 | 0.012 | 0.055 |
| Morning (07:30 to 12:00 h) | 253 | 240 | 252 | 270 | 10 | 0.626 | 0.109 | 0.086 |
| Afternoon (12:00 to 18:00 h) | 299 | 312 | 283 | 296 | 10 | 0.118 | 0.149 | 0.995 |
| Night (18:00 to 07:30 h) | 166 | 176 | 266 | 205 | 24 | 0.142 | 0.001 | 0.029 |
| Daily ruminating time (min) | 477 | 432 | 395 | 358 | 15 | 0.005 | <0.001 | 0.730 |

¹ HA: 3 vs. 3 kg DM kg⁻¹ BW, for high vs. low HA, respectively.

Daily grazing time was negatively correlated with forage mass ($r = -0.60$; $P = 0.002$) and height ($r = -0.66$; $P < 0.001$), while daily ruminating time was positively correlated with forage mass ($r = 0.74$; $P < 0.001$) and height ($r = 0.79$; $P < 0.001$). Stepwise regression analysis selected forage height as the only variable affecting grazing and ruminating times ($P < 0.15$), and indicated that as forage height increased grazing time decreased linearly while ruminating time increased according to a quadratic regression (Fig. 2).

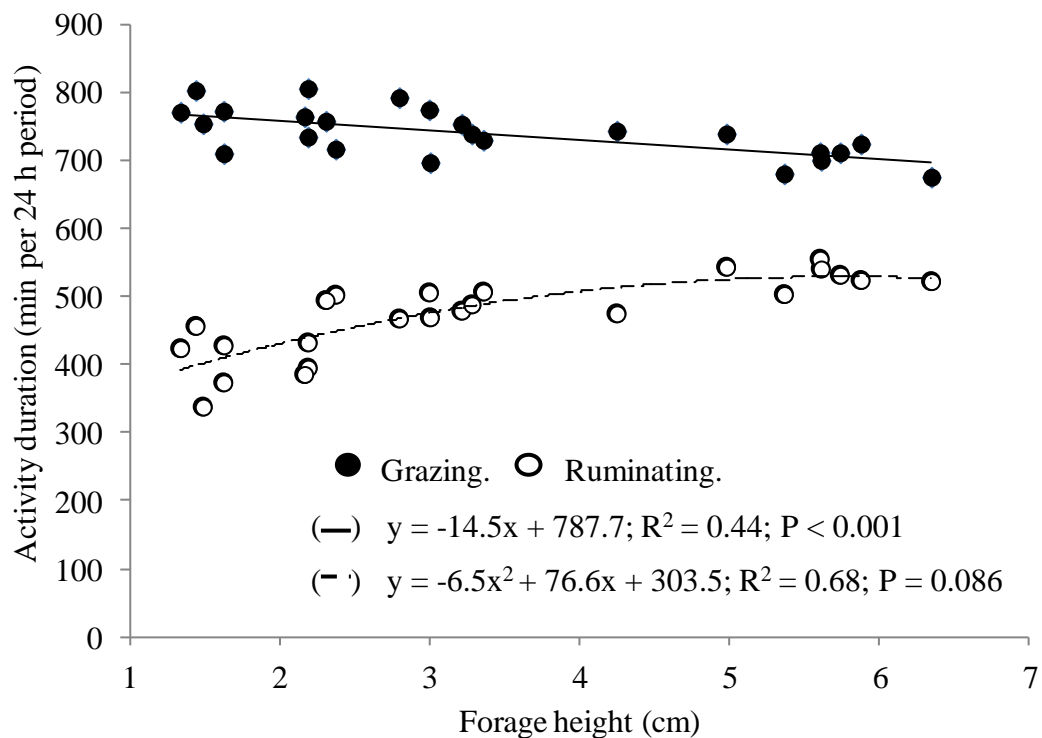


Fig. 2. Relationship between forage height and daily grazing and ruminating times.

2.4.3. Spatial behavior pattern

The RPI for bottom, toe slope, and shoulder slope zones in each plot were not affected by HA treatments ($P > 0.123$), except for the toe slope zone during spring that RPI was greater ($P = 0.031$) for low than high HA cows (Table 5). As year did not affected RPI in winter ($P > 0.05$), data for this season is shown as an average of both years. The RPI for the bottom zone was affected by session ($P \leq 0.005$) in

spring and winter (Table 5), as it was greater in the morning than afternoon session (1.4 vs. 0.2 ± 0.3 and 1.6 vs. 0.5 ± 0.2 , for spring and winter respectively). However, session did not affect RPI for the bottom zone in autumn (Table 5). The RPI for the toe slope tended to be greater or was greater in the morning than afternoon session in autumn (1.1 vs. 0.8 ± 0.2 ; $P = 0.087$) and winter (1.1 vs. 0.6 ± 0.2 ; $P = 0.003$). However, in winter the RPI for the toe slope tended to be affected by the interaction between HA and session as RPI was greater ($P < 0.05$) in the morning than afternoon session only in high HA (Table 5). The RPI for the shoulder slope zone was affected by session ($P \leq 0.002$) in spring, autumn, and winter, as it was lower in morning than in afternoon (1.2 vs. 2.6 ± 0.4 , 0.2 vs. 1.1 ± 0.2 , and 0.2 vs. 2.9 ± 0.3 , for spring, autumn and winter, respectively). However, in autumn, RPI for the shoulder slope zone was affected by the interaction between HA and session ($P = 0.031$) as RPI was lower ($P < 0.05$) in the morning than afternoon session only in high HA (Table 5).

Table 5

Effect of herbage allowance (HA) and session on relative preference index (RPI) for the bottom, toe slope, and shoulder slope zones within the plot during grazing activity in spring, autumn, and winter.

| | High HA ¹ | | Low HA | | SE | Probability values | | |
|----------------|----------------------|-----|--------|-----|-----|--------------------|---------|--------------|
| | AM ² | PM | AM | PM | | HA | Session | HA x Session |
| Spring | | | | | | | | |
| Bottom | 1.1 | 0.3 | 1.6 | 0.1 | 0.5 | 0.726 | 0.005 | 0.397 |
| Toe slope | 0.6 | 0.5 | 0.8 | 1.0 | 0.2 | 0.031 | 0.898 | 0.301 |
| Shoulder slope | 1.2 | 2.2 | 1.2 | 3.0 | 0.5 | 0.374 | 0.002 | 0.347 |
| Autumn | | | | | | | | |
| Bottom | 1.6 | 0.9 | 1.2 | 1.4 | 0.4 | 0.786 | 0.445 | 0.167 |
| Toe slope | 1.2 | 0.7 | 1.0 | 0.9 | 0.2 | 0.924 | 0.087 | 0.415 |
| Shoulder slope | 0.1 | 1.4 | 0.3 | 0.7 | 0.2 | 0.279 | <0.001 | 0.031 |
| Winter | | | | | | | | |
| Bottom | 1.7 | 0.3 | 1.5 | 0.7 | 0.3 | 0.703 | <0.001 | 0.191 |
| Toe slope | 1.1 | 0.4 | 1.0 | 0.7 | 0.2 | 0.529 | 0.003 | 0.093 |
| Shoulder slope | 0.1 | 2.5 | 0.3 | 3.2 | 0.4 | 0.123 | <0.001 | 0.555 |

RPI values <1 suggest a zone was avoided. A value of 1 implies cattle were indifferent to the zones and used them in proportion to their presence, and values >1 suggests a class was favored.

¹ Spring: 4 vs. 2, autumn: 5 vs. 3, and winter: 3 vs. 3 kg DM kg⁻¹ BW, for high vs. low HA, respectively.

² AM: morning grazing session, PM: afternoon grazing session.

2.5. DISCUSSION

Cows grazing and ruminating times were affected by HA, associated with changes in forage mass and height. Although, spatial behavior pattern during grazing was not affected by HA, cows showed a pattern of use of different plot zones during the day that remained unchanged throughout the experimental period.

The temporal behavior pattern observed in the present study, agreed with previous bovine studies reporting that grazing activity is largely diurnal (Stobbs, 1970; Stricklin et al., 1976), with two main sessions, one in the morning and another in the afternoon, with the latter having a longer duration (Gibb et al., 1998; Taweel et al., 2004). Mean daily grazing time was similar to previous reports in adult cows (Funston et al., 1991) and heifers (Hejcmanová et al., 2009) grazing native pastures, and greater than those reported by other previous studies (Lathrop et al., 1988; Hesse et al., 2008). Daily grazing times longer than 720 min, as reported here, have been reported as limiting values, above which the increase in grazing time could be constrained by physical fatigue and therefore intake would be reduced (Stobbs, 1975; Funston et al., 1991). Chacon and Stobbs (1976) reported that cows grazing pastures with green leaf mass less than 1000 kg DM ha⁻¹ have low capacity to compensate daily DM intake through increasing grazing time. However, in the present study, mean forage mass were 1635 and 1241 kg DM ha⁻¹, for high and low HA, respectively. Under these conditions animals should have increased daily grazing time in response to a small bite size and low intake rate (Hodgson, 1985).

In the current study, the effect of HA on grazing and ruminating times could not only be explained by HA *per se*, but also by the changes that HA treatments generated on pasture structure (forage mass and height). In addition, pasture structure changed among season and years associated with intra and inter-annual variation in temperature and precipitation. Therefore, reduced forage mass and height could explain the reduced daily ruminating time in spring 2008 than 2007 and 2009, and the reduced grazing time and increased ruminating time in winter 2008 than 2009.

Forage height was the variable that best correlated with grazing and ruminating time. In agreement with previous studies conducted in bovines grazing native grassland in Southern Brazil (Pinto et al., 2007, Thurow et al., 2009), as forage height increased grazing time decreased linearly while ruminating time increased according to a quadratic regression.

The increased daily grazing time for low than high HA cows in spring and autumn, might indicate a cow strategy to compensate for a reduced intake rate due to lower forage mass and height as increased grazing time in cultivated pastures with reduced forage mass and height has been reported as a response to less instantaneous intake rate (Hodgson, 1985; Pulido and Leaver, 2001; Gibb et al., 1999). Furthermore, experiments conducted in Southern Brazil native grasslands, with variable HA throughout the year as in the present study, have found an increase in cattle daily grazing time with reduced HA and forage height (Thurow et al., 2009; Pinto et al., 2007; Da-Trindade, 2011). Da-Trindade (2011) reported that the longest grazing times were achieved when forage height was less than 5.8 cm, which is in agreement with reduced forage height (from 1.5 to 2.7 cm) observed in the present study for low HA throughout all the experiment.

Reduced ruminating time in low HA cows during spring and autumn could be due to increased grazing time, as both activities are mutually exclusive (Hodgson, 1985). Moreover, shorter daily ruminating time could be associated with reduced DM and/or fiber intake (Welch and Smith, 1969), which would indicate that the strategy of increasing grazing time in low HA would not compensate for the limitations imposed by pasture. Experiments conducted on temperate cultivated pastures (Realini et al., 1999; Pulido and Leaver, 2001) and on Southern Brazil native grasslands (Thurow et al., 2009) found a decrease in time spent ruminating with less sward height.

In winter, when HA was matched at 3 kg DM kg⁻¹ BW for both high and low HA treatments, differences in ruminating time could be mainly explained by

differences in pasture structure generated by management in previous seasons. Higher forage height for high HA allowed cows to increase ruminating time, probably due to greater DM intake during the same grazing time than low HA cows. On the other hand, in winter, grazing time did not increase for low than high HA cows, which could show limited ability to compensate DM intake for variations in pasture structure during this season. Environmental factors such as daylight hours, with direct effect on grazing activity (Gregorini et al., 2006), may have contributed to limit the ability to increase grazing time during winter.

In the present study, the increased daily grazing time in low HA during spring and autumn was associated with different daily strategies, as in spring, cows increased afternoon grazing time and in autumn cows increased grazing time in the morning session. In spring, the afternoon grazing session was performed in the shoulder slope zone, where pasture had greater forage mass, which could indicate an attempt to maximize daily DM intake. Greater cow energy requirements in spring, due to the cow physiological stage (first and second month of lactation, compared to second month of gestation in autumn) could explain the differences between these two seasons. Also, in spring HA was reduced (spring: 4 vs. 2 and autumn: 5 vs. 3 kg DM kg⁻¹ BW, for high vs. low HA, respectively) and pasture had less forage mass than in autumn. Under these conditions, in spring cows in low HA could have tried to increase DM intake in contrast to select high quality low quantity forage. Moreover, increased early afternoon grazing time in spring, when higher THI values were registered, could be associated with higher energy costs for thermal balance. Usually, animals avoid grazing in low and high temperatures day periods, trying to maintain thermal balance (Harris et al., 2002). In contrast to our results, Stuth (1991) reported a reduction in the afternoon grazing session and an increase in night-time grazing during hot periods. However, Erlinger et al. (1990) reported increased grazing time in high temperature day periods during summer, when animals needed to increase daily grazing time in order to increase DM intake.

Spatial behavior within the plot, which can be associated with feeding sites according to Bailey et al. (1996), was different between morning and afternoon grazing sessions. At this spatio-temporal scale the main criteria used by animals for site selection are topography, distance to water, forage quantity and quality, and predation risk (Bailey et al., 1996). Therefore, the preference for the bottom zone during morning grazing session could be explained by the proximity to the water source, as Stuth (1991) suggested, the water sources are the primary focus from which animals orient their daily grazing strategy. In addition, the preference for the shoulder slope zone during the afternoon grazing session could be associated to the presence of trees, where cows rested during night. Herbivores first harvest forage and then move to break sites or lower predation risk areas, to digest the feed eaten previously (Stuth, 1991). In addition, this preference for the shoulder slope zone could be due to greater forage mass than bottom and toe slope zones throughout the experimental period, and may indicate an attempt to maximize intake prior to dusk, through increasing intake rate.

The concentration of grazing activity during the daylight hours, plus the selection of areas with more forage mass during the afternoon, could be strategies to minimize the risk of predation, by reducing requirements for night grazing (Rutter, 2006; Rutter, 2010). Also, previous studies reported the ability of herbivores to select areas with greater forage mass, increasing the number of visits and time spent on them (Bailey et al., 1996; Bailey and Provenza, 2008). Hirata et al. (2010) found that cows grazed higher quality grass in the morning, switching to high-fiber low-quality grass in the afternoon. Similarly, a diurnal pattern of preference for white clover in the morning, and ryegrass in the afternoon found in cattle (Rutter et al., 2004), has been proposed as a strategy to avoid night grazing by increasing fiber intake before evening, reducing the rate of passage and the need for DM intake at night (Rutter, 2006). Furthermore, Dumont et al. (1995) working with sheep grazing vegetative and reproductive pastures, reports preference for the pasture in reproductive stage (with higher fiber content) before night.

2.6. CONCLUSION

Grazing behavior pattern has been described as a hierarchical system of diet selection interacting with animal physiological needs and environmental factors (Stuth, 1991). In the present study, the daily spatial grazing pattern at feeding site scale was not affected by either HA, or photoperiod, weather, and cow physiological stage, which evidences that even after thousands of years of domestication cattle appear to retain at least some anti-predator behavior mechanisms from their ancestors (Rutter, 2010). However, differences in daily grazing and ruminating time between high and low HA, associated with changes in pasture structure, would indicate limitations for DM intake with HA of 2.5 kg DM kg⁻¹ BW. Integrating cattle spatio-temporal behavior patterns to design and manage livestock systems, and increasing HA would allow enhance production, environmental preservation and animal welfare in Campos region native grasslands.

2.7. REFERENCES

- AOAC., 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Washington, DC.
- Bailey, D., Gross, J., Laca, E., Rittenhouse, L., Coughenour, M., Swift, D., Sims, P., 1996. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *J. Range Manage.* 49, 386-400.
- Bailey, D., Provenza, F., 2008. Mechanisms determining large – herbivore distribution, in: Prins, H. y Van Langevelde, F. (Eds.) *Resource Ecology: Spatial and Temporal Dynamics of Foraging*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 7 – 28.
- Burns, J. C., 2006. Grazing research in the humid East: A historical perspective. *Crop Sci.* 46, 118–130.
- Carvalho, P., Nabinger, C., Lemaire, G., Genro, T., 2011. Challenges and opportunities for livestock production in natural pastures: the case of Brazilian Pampa Biome. in: Feldman, S., Oliva, G., Sacido, M. (eds.) *Diverse Rangelands for a Sustainable Society*, IX Int. Rang. Congr., 2–8 April. 2011. Rosario, Argentina. pp. IX–XV.
- Castaño, J., Ceroni, M., Giménez, A., Furest, J., Aunchayna, R., 2010. Caracterización agroclimática del Uruguay: 1980 - 2009. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Uruguay. In http://www.inia.org.uy/gras/agroclima/cara_agro/index.html (last login: October 2011).
- Chacon, E., Stobbs, T., 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. *Aust. J. Agric. Res.* 27, 709–729.
- Da-Trindade, J.K., 2011. Ingestive behavior and forage intake by beef cattle grazing on complex natural grassland. PhD Thesis, Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil, 148 pp.
- Daget, Ph, Godron, M., 1982. *Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés*. Ed. Masson, Paris.

- Dumont, B., Petit, M., D'hour, P., 1995. Choice of sheep and cattle between vegetative and reproductive cocksfoot patches. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 43, 1-15.
- Dumont, B., Gordon, I., 2003. Diet selection and intake within sites and across landscapes, in: 't Mannetje, L., Ramírez-Avilés, L., Sandoval-Castro, C., Ku-Vera, J.C. (Eds.), *Proceedings of the VI International Symposium on the Nutrition of Herbivores*, Merida, Mexico 19–24 October 2003, pp. 175–194.
- Erlinger, L., Tolleson, D., Brown, C. 1990. Comparison of bite size, biting rate and grazing time of beef heifers from herds distinguished by mature size and rate of maturity. *J. Anim. Sci.* 68:3578-3587.
- FAO - Food and Agriculture Organization. 1979. Método para la aplicación práctica de la fórmula de Penman para el cálculo de la evapotranspiración potencial. Serie Riego y Drenaje N° 17.
- Fryxell, J.M., 2008. Predictive modelling of patch use by terrestrial herbivores, in: Prins, H. y Van Langevelde, F. (Eds.) *Resource Ecology: Spatial and Temporal Dynamics of Foraging*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 105–123.
- Funston, R., Kress, D., Havstad, K., Doornobs, D., 1991. Grazing behaviour of rangeland beef cattle differing in biological type. *J. Anim. Sci.* 69, 1435-1442.
- Ganskopp, D., Bohnert, D., 2009. Landscape nutritional patterns and cattle distribution in rangeland pastures. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 116, 110–119.
- Gibb, M., 2006. Grassland management with emphasis on grazing behaviour, in: Elgersma, A., Dijkstra, J. y Tamminga, S. (Eds.), *Fresh Herbage for Dairy Cattle*, Springer, The Netherlands, pp. 141-157.
- Gibb, M., Huckle, C., Nuthall, R., Rook, A.J., 1997. Effect of sward height on intake and behaviour by lactating British Friesian cows. *Grass Forage Sci.* 52, 309–321.
- Gibb, M., Huckle, C., Nuthall, R., 1998. Effect of time of day on grazing behavior by lactating dairy cows. *Grass Forage Sci.* 53, 41–46.

- 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. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 63 (4), 269-287.
- Gonçalves, E., Carvalho, P., Devincenzi, T., Lazzarotto, M., Kellermann, F., Ávila, A., 2009. Plant-animal relationships in pastoral heterogeneous environment: path patterns and feeding stations. *Rev. Bras. Zootec.* 38, 2121-2126.
- Gregorini, P. Pas, S.; Tamminga, S., Gunter, S., 2006. Review: Behavior and Daily Grazing Patterns of Cattle. *Prof. Anim. Scientist* 22, 201–209.
- Harris, N., Johnson, D., George, M., McDougald, N., 2002. The Effect of Topography, Vegetation, and Weather on Cattle Distribution at the San Joaquin Experimental Range, California. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-184.
- Haydock, K. P., Shaw, N. H., 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 15, 663-670.
- Heady, H., 1964. Palatability of herbage and animal preference. *J. Range. Manage.* 17, 76–82.
- Hejzmanová, P., Stejskalova, M., Pavlu, V., Hejzman, M., 2009. Behavioural patterns of heifers under intensive and extensive continuous grazing on species-rich pasture in the Czech Republic. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 117, 137–143
- Hessle, A., Rutter, M., Wallin, K., 2008. Effect of breed, season and pasture moisture gradient on foraging behaviour in cattle on semi-natural grasslands. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 111, 108–119.
- Hirata, M., Iwamoto, T., Otozu, W., Kiyota D., 2002. The effects of recording interval on the estimation of grazing behavior of cattle in a daytime grazing system. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 15, 745-750.
- Hirata, M., Yamamoto, K., Tobisa, M., 2010. Selection of feeding areas by cattle in a spatially heterogeneous environment: selection between two tropical grasses differing in accessibility and abiotic environment. *J. Ethol.* 28 (1), 95-103.
- Hodgson, J. 1985. The control of herbage intake in the grazing ruminant. *Proceedings of the Nutrition Society.* 44, 339–346.

- Hodgson, J., 1990. *Grazing management: science into practice*. Longman Scientific and Technical, Harlow, UK.
- Jamieson, W.S., Hodgson, J., 1979. The effects of variation in sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves and lambs under a continuous stocking management. *Grass Forage Sci.* 34, 273–282
- Johnson, H., 1994. Animal physiology. In *Handbook of Agricultural Meteorology*. Ed. John Griffiths, New York.
- Kennedy, E., O'Donovan, M., Murphy, J.P., Delaby, L., O'Mara, F., 2007. Effect of Spring Grazing Date and Stocking Rate on Sward Characteristics and Dairy Cow Production During Midlactation. *J. Dairy Sci.* 90, 2035–2046
- Knecht, H. J., Hengeveld, G. M., van Langevelde, F., de Boer, W. F., Kirkman, K. P., 2007. Patch density determines movement patterns and foraging efficiency of large herbivores. *Behav. Ecol.* 18, 1065-1072.
- Laca, E., Distel, R., Griggs, T., Demment, M., 1994. Effects of canopy structure on patch depression by grazers. *Ecol.* 75, 706–716.
- Lathrop, W., Kress, D., Havstad, K., Doornbos, D., Ayers, E., 1988. Grazing behavior of rangeland beef cows differing in milk production. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 21, 315-327.
- Linnane, M. I., Brereton, A., Giller, P., 2001. Seasonal changes in circadian grazing patterns of Kerry cows (*Bos taurus*) in semi-feral conditions in Killarney National Park, Co. Kerry, Ireland. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 71 (4), 277-292.
- Mott, G., Lucas, H., 1952. The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures, in: Wagner, R.E. (ed.) *Proc. Int. Grassl. Congr.*, 6th, Penn State College. 17–23 Aug. 1952. State College Press, PA. pp. 1380– 1385.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 1976. Livestock hot weather stress. *Regional Operations Manual Letter C-31-76*. NOAA, Kansas City, Missouri.
- Lund, H. 2007. Accounting for the world's rangelands. *Rangelands*, 29 (1), 3–10.

- Pinto, C., Carvalho, P., Frizzo, A., Silveira, J., Nabinger, C., Rocha, R., 2007. Comportamento ingestivo de novilhos em pastagem nativa no Rio Grande do Sul. *R. Bras. Zootec.*, 36 (2), 319-327.
- Pulido, R., Leaver, J., 2001. Quantifying the influence of sward height, concentrate level and initial milk yield on the milk production and grazing behaviour of continuously stocked dairy cows. *Grass Forage Sci.* 56, 57-68.
- Realini, C., Hodgson, J., Morris, S., Purchas, R., 1999. Effect of sward surface height on herbage intake and performance of finishing beef cattle. *New Zealand J. Agric. Res.* 42, 155–164.
- Rosengurtt, B., 1943. Estudios sobre praderas naturales del Uruguay. Tercera Contribución. Barreiro y Ramos, Montevideo, Uruguay.
- Rutter, S., 2000. Graze: a program to analyse recordings of jaw movements of ruminants. *Behav. Res. Methods Instrum. Comput.* 32, 86-92.
- Rutter, S., 2006. Diet preference for grass and legumes in free-ranging domestic sheep and cattle: current theory and future application. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 97 (1), 17–35.
- Rutter, S., 2010. Review: Grazing preferences in sheep and cattle: Implications for production, the environment and animal welfare. *Can. J. Anim. Sci.* 90, 285-293.
- Rutter, S., Champion, R., Penning, P., 1997. An automatic system to record foraging behaviour in free-ranging ruminants. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 54, 185-195.
- Rutter, S., Orr, R., Yarrow, N., Champion, R., 2004. Dietary preference of dairy cows grazing ryegrass and white clover. *J. Dairy Sci.* 87, 1317-1324.
- Sollenberger, L., Moore, J., Allen, V., Pedreira, C., 2005. Reporting forage allowance in grazing experiments. *Crop Sci.* 45, 896–900.
- Soder, K., Gregorini, P., Scaglia, G., Rook, A., 2009. Dietary selection by domestic grazing ruminants in temperate pastures: current state of knowledge, methodologies, and future direction. *Rangeland Ecol. Manage.* 62, 389–398.
- Soriano, A., 1991. Río de la Plata Grasslands. In: Coupland R.T. (ed.), *Natural Grasslands. Introduction and Western Hemisphere*. Elsevier, Amsterdam, pp. 367–407.

- Stobbs, T., 1970. Automatic measurement of grazing time by dairy cows on tropical grass and legume pastures. *Trop. Grassl.* 3 (4), 237-244.
- Stobbs, T., 1975. Factors limiting the nutritional value of grazed tropical pastures for beef and milk production, *Trop. Grassl.* 9, 141.
- Stricklin, W., Wilson, L., Graves, H., 1976. Feeding behavior of Angus and Chrolais-Angus Cows During Summer and Winter. *J. Anim. Sci.* 43, 721-732.
- Stuth, J., 1991. Foraging behavior, in: Heitschmidt, R., Stuth, J. (Eds.) *Grazing management: An ecological perspective*. Timber Press. Oregon. pp. 85-108.
- Taweel, H., Tas, B., Dijkstra, J., Tamminga, S., 2004. Intake Regulation and Grazing Behavior of Dairy Cows Under Continuous Stocking. *J. Dairy Sci.* 87, 3417-3427.
- Thurow, J., Nabinger, C., De Souza, C., Carvalho, P., Oliveira, C., Machado, M., 2009. Estrutura da vegetação e comportamento ingestivo de novilhos em pastagem natural do Rio Grande do Sul. *R. Bras. Zootec.*, 38 (5), 818-826.
- Vanzant, E., Cochran, R., Johnson, D., 1991. Pregnancy and lactation in beef heifers grazing tallgrass prairie in the winter: influence on intake, forage utilization, and grazing behavior. *J. Anim. Sci.* 69, 3027-3038
- Villalba, J., Provenza, F., 2009. Learning and Dietary Choice in Herbivores. *Rangeland Ecol. Manage.* 62 (5), 399-406.
- Vizcarra, J., Ibañez, W. y Orcasberro, R., 1986. Repetibilidad y reproductibilidad de dos escalas para estimar la condición corporal de vacas Hereford. *Invest. Agrónóm.* 7 (1): 45-47.
- Welch, J., Smith, A., 1969. Effects of varying amount of forage intake on rumination. *J. Anim. Sci.* 28: 827-830.

3. DISCUSIÓN GENERAL

El presente estudio permitió cuantificar el patrón de conducta en el tiempo y espacio de vacas de cría pastoreando campo nativo con cambios en la oferta de forraje. Se cuantificaron los efectos de la oferta de forraje sobre el tiempo de pastoreo y rumia, estableciéndose relaciones entre el tiempo de pastoreo y rumia y los atributos de estructura de la pastura. En base al análisis de la conducta de los animales fue posible identificar zonas dentro de las parcelas asociadas a distintos atributos del ambiente (topografía, agua, características de la pastura, etc.) que cumplirían un rol diferencial para el animal a lo largo del día desde el punto de vista del comportamiento ingestivo. La oferta de forraje afectó el tiempo diario de pastoreo y rumia, asociada a cambios en la cantidad y altura de forraje. Si bien la oferta de forraje no afectó la frecuencia de uso de las distintas zonas de la parcela durante el pastoreo, las vacas mantuvieron un patrón diario de uso de las mismas que se mantuvo incambiado durante todo el período experimental.

El patrón temporal de comportamiento fue predominantemente diurno con dos sesiones de pastoreo principales, una en la mañana y otra en la tarde, que coincide con trabajos anteriores (Stobbs, 1970; Stricklin *et al.*, 1876, Gibb *et al.*, 1998), y podría ser explicado por un fuerte componente evolutivo, al procurar minimizar los riesgos de predación a través de evitar el pastoreo en las horas de oscuridad (Rutter, 2006).

El tiempo diario promedio dedicado al pastoreo si bien fue similar a trabajos anteriores sobre pasturas templadas con vacas adultas (Funston *et al.*, 1991) y vaquillonas (Hejzmanová *et al.*, 2009), fue superior a los valores reportados por otros autores (Lathrop *et al.*, 1988; Hessle *et al.*, 2008). Algunos autores proponen que tiempos de pastoreo de 12 h son valores límites, por encima de los cuales los animales están limitados por fatiga física (Stobbs, 1975; Funston *et al.*, 1991). El elevado tiempo de pastoreo registrado en el presente estudio podría explicarse por las condiciones de cantidad de forraje y altura de la pastura durante la mayor parte del

período experimental. Mientras que algunos autores proponen que pasturas con menos de 1000 kg/ha de forraje verde limitan seriamente el consumo animal, en el presente estudio la cantidad de forraje fue en promedio 1635 y 1241 kgMS/ha, para alta y baja oferta de forraje, respectivamente. En estas condiciones, al reducirse la tasa instantánea de consumo producto de un menor el peso de cada bocado, el animal incrementa el tiempo diario de pastoreo procurando mantener el consumo total de forraje (Hodgson, 1985).

En el presente estudio, el efecto de la oferta de forraje sobre el comportamiento animal podría explicarse tanto por el efecto de la oferta de forraje *per se*, como por las diferencias en la estructura de la pastura (cantidad y altura de forraje) generadas por los tratamientos. Iguales tratamientos de oferta de forraje presentaron diferencias en estructura de la pastura entre años asociados a cambios en la temperatura y precipitaciones, y a las variaciones en los niveles de oferta de forraje entre estaciones. Mayores niveles de oferta de forraje generaron una estructura de pastura con mayor cantidad y altura de forraje. El déficit hídrico registrado durante el período setiembre 2008 y abril 2009 afectó el crecimiento de forraje generando diferencias importantes en la estructura de la pastura durante primavera 2008 e invierno 2009, en comparación con primavera 2007 y 2009, e invierno 2008, respectivamente, que afectaron el tiempo de pastoreo y rumia de las vacas. La altura de la pastura fue la variable que presentó mayor asociación con el tiempo de pastoreo y rumia. El aumento de la altura de la pastura se asoció con una reducción lineal del tiempo de pastoreo y un aumento cuadrático del tiempo de rumia. Similares relaciones fueron encontradas en trabajos realizados con vacunos en pastoreo de campo nativo en el Sur de Brasil (Pinto *et al.*, 2007; Thurow *et al.*, 2009), que reportan una asociación lineal entre el tiempo de pastoreo y rumia y la altura de forraje generada por distintos niveles de oferta de forraje. Estos resultados, evidencian que el empleo de la oferta de forraje como variable que regula la interacción planta - animal debería complementarse con variables que describan la estructura de la pastura, como la altura del forraje, dada su directa relación con el comportamiento en pastoreo y la performance animal.

La oferta de forraje modificó el tiempo diario de pastoreo en primavera y otoño. La reducción de la oferta de forraje de 4 a 2, y de 5 a 3 kg MS/kg PV en primavera y otoño, determinó incrementos del tiempo de pastoreo de 35 y 63 min, respectivamente. Resultados similares fueron reportados por estudios realizados en el Sur de Brasil con tratamientos de oferta de forraje variable durante el año (Thurrow *et al.*, 2009; Pinto *et al.*, 2007; Da-Trindade, 2011). El incremento del tiempo de pastoreo frente a la reducción en la masa y/o altura de forraje ha sido ampliamente reportada (Chacon y Stobbs, 1976; Jamieson y Hodgson, 1979; Pulido y Leaver, 2001), como respuesta a la reducción de la tasa de consumo instantánea (Hodgson, 1985). En primavera, el aumento del tiempo diario de pastoreo se asoció con un aumento del tiempo de pastoreo durante la tarde, desarrollado principalmente en la zona alta de las parcelas, con mayor masa de forraje, lo cual podría indicar un intento de incrementar el consumo total de materia seca. Los mayores requerimientos de energía durante primavera, asociados al estado fisiológico de las vacas (primer y segundo mes de lactancia), podrían explicar el comportamiento diferencial respecto a otoño.

La oferta de forraje afectó el tiempo diario de rumia en todas las estaciones. Los animales en oferta de forraje baja redujeron el tiempo diario de rumia 37, 38 y 41 min en primavera, otoño e invierno, respectivamente, respecto a los de oferta de forraje alta. Experimentos anteriores sobre pasturas templadas y sobre campo nativo en el Sur de Brasil reportan reducciones del tiempo de rumia en respuesta a menores alturas de forraje (Realini *et al.*, 1999; Pulido y Leaver, 2001; Thurrow *et al.*, 2009). El menor tiempo de rumia podría asociarse al incremento del tiempo de pastoreo, dado que ambas actividades son mutuamente excluyentes (Hodgson, 1985). A su vez, un menor tiempo de rumia podría indicar menor consumo de forraje y/o fibra, lo cual implicaría que la estrategia de incremento del tiempo de pastoreo en otoño y primavera en condiciones de baja oferta de forraje podría no haber sido suficiente para compensar las limitaciones impuestas por la pastura, generando además mayores costos de energía por actividad de pastoreo.

En invierno, al igualarse la oferta de forraje en 3 kg MS/kg PV, los cambios en el comportamiento animal se explicarían únicamente por diferencias en la estructura de la pastura generadas en períodos previos. La mayor altura de forraje en las parcelas de alta oferta de forraje podrían explicar el mayor tiempo de rumia en dichos tratamientos. En estas condiciones, las vacas posiblemente alcanzaron mayores niveles de consumo empleando el mismo tiempo diario de pastoreo que las vacas en baja oferta de forraje. La ausencia de respuesta en tiempo de pastoreo de las vacas en invierno frente a una pastura con menor altura de forraje (oferta de forraje baja) podría asociarse a limitaciones en la capacidad de compensación durante esta época del año. Factores ambientales como el fotoperiodo, de efecto directo sobre el comportamiento (Gregorini *et al.*, 2006), podrían estar asociados a la ausencia de cambios en el tiempo de pastoreo diario.

A nivel comercial en Uruguay, la falta de ajuste de la dotación animal en función de la disponibilidad de forraje determina que gran parte de los sistemas criadores presenten, al menos durante parte del año, condiciones similares al tratamiento de OF baja del presente experimento. A estos niveles de OF, las limitaciones impuestas por la estructura de la pastura, difícilmente sean compensadas por los cambios en el comportamiento en pastoreo de los vacunos, generando incrementos importantes en el costo energético del proceso de búsqueda y cosecha de forraje, y reducciones en los niveles de consumo. En estas condiciones, se generarán reducciones en los niveles de producción por animal y por unidad de superficie, afectando además las condiciones de bienestar de los animales.

Por otra parte, si bien los tratamientos de oferta de forraje determinaron cambios en el tiempo diario de pastoreo y rumia, el patrón diario básico de pastoreo y rumia no fue afectado por los tratamientos impuestos, ni por las estaciones del año, o estado fisiológico de las vacas. En todos los casos, los animales desarrollaron la actividad de pastoreo mayoritariamente durante las horas de luz, con dos sesiones principales, una comenzando al amanecer y otra cercana al anochecer. Dicho patrón de comportamiento procura minimizar el pastoreo nocturno como forma de reducir el

riesgo de predación (Rutter, 2006). Esto evidencia la importancia que aún presentan componentes del comportamiento originarios de ancestros que vivían en condiciones silvestres, a pesar de haber transcurrido ya miles de años de domesticación de los bovinos. Lejos de desconocerlos o intentar anularlos, estos elementos deberían ser incorporados en el diseño y manejo de los sistemas de producción (Rutter, 2010).

En el presente experimento fue posible establecer relaciones entre atributos del ambiente (topografía, ubicación del agua, abrigo y sombra, estructura de la pastura) y el patrón de uso de las distintas zonas de las parcelas durante las principales sesiones de pastoreo.

La preferencia por la zonas baja durante la sesión de pastoreo de la mañana podría explicarse por la presencia de la fuente de agua de bebida para los animales, foco principal a partir del cual los herbívoros orientan su estrategia de pastoreo (Stuth, 1991). Por otra parte, la presencia de especies como *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis*, de tipos productivos tierno y tierno-ordinario respectivamente (Rosengurtt, 1979), podría asociarse con menor contenido de fibra y mayor contenido de proteína en comparación con la zona alta, dominada por *Cynodon dactylon*, de tipo productivo ordinario (Rosengurtt, 1979). La preferencia por una dieta de mayor calidad en la sesión de pastoreo de la mañana respecto a la de la tarde ha sido reportada para animales pastoreando especies templadas (Dumont *et al.*, 1995; Rutter, 2006).

La preferencia por la zona alta durante la sesión de pastoreo de la tarde podría explicarse por la presencia de las fuentes de abrigo y sombra (árboles), donde los animales permanecían durante la noche. La ubicación de las últimas horas de pastoreo previo a la noche presenta una alta relación con el sitio donde los animales permanecen en la noche. La pérdida de las referencias visuales durante las horas de oscuridad determinaría que los animales pastoreen en lugares cercanos a las áreas de descanso nocturno (Stuth, 1991). Por otra parte, la preferencia por la zona alta podría estar explicada por la mayor masa de forraje de dicha zona durante todo el período

experimental, y a un mayor contenido de materia seca y fibra de la pastura por la presencia de *Cynodon dactylon*. La capacidad de los herbívoros para seleccionar áreas con mayor disponibilidad de forraje, incrementando el número de visitas y el tiempo de permanencia en ellas ha sido ampliamente reportado (Bailey *et al.*, 1996; Bailey and Provenza, 2008). Dumont *et al.* (1995) trabajando con ovejas sobre pasturas en estado vegetativo y reproductivo, reporta mayor preferencia por la pastura en estado reproductivo (con mayor contenido de fibra) durante el pastoreo previo al anochecer. La selección de la zona del potrero con mayor cantidad de forraje y mayor contenido de materia seca y fibra podría asociarse con un intento de maximizar la tasa de consumo durante la tarde, reduciendo la necesidad de pastoreo en la noche, minimizando el riesgo de predación (Rutter, 2006).

Si bien más experimentos serán necesarios para profundizar en el conocimiento de las relaciones entre el ambiente pastoril y la conducta del animal, el patrón de comportamiento general encontrado en el presente estudio evidencia que el animal presenta una preferencia variable durante el día por distintos sitios o atributos del ambiente, que en general, no fue alterada por los tratamientos impuestos, ni por las estaciones del año.

La preferencia por tipos de alimentos distintos (gramíneas vs. leguminosas) o sitios del espacio distintos (zonas cercanas al agua vs. zonas lejanas) durante el día ha sido ampliamente reportada (Rutter *et al.*, 2004; Bailey and Provenza, 2008, Rutter, 2010). Diversos estudios demuestran que imponer al animal a situaciones que vayan en contra de su patrón natural de preferencia puede determinar menores niveles de producción (Chapman *et al.*, 2007; Rutter, 2010). A modo de ejemplo, ha sido demostrado que los rumiantes a los que se les ofrece Trébol Blanco y Raigrás, seleccionarán aproximadamente un 70 % de la dieta del primero y 30% de la segunda especie. Ofrecer al animal ambas especies por separado en parcelas adyacentes en comparación a una pastura con ambas especies mezcladas implicó incrementos en la producción de vacas lecheras del 11 % (Cosgrove *et al.*, 2001) y 12% (Nuthall *et al.*, 2000) y mayores ganancias de peso de ovejas lactantes y sus corderos (Venning *et*

al., 2004). Rutter *et al.* (2001), demostraron que no es necesario ofrecer ambas especies por separado de forma continua durante todo el día. Ofreciendo a vacas lecheras la pastura de Trébol Blanco luego del ordeño de la mañana y la pastura de Raigrás luego del ordeño de la tarde (haciendo coincidir el alimento ofrecido con el patrón natural de preferencia), lograron resultados de producción similares a ofrecer ambas pasturas de forma adyacente durante todo el día (Rutter *et al.*, 2001; Rutter, 2010).

El incremento de los niveles de producción de los sistemas criadores en Uruguay, requiere de la integración de los patrones de comportamiento al momento de diseñar y manejar los sistemas de producción. Comprender que los rumiantes presentan un patrón de selectividad variable durante el día, resulta ineludible al momento de diseñar subdivisiones, sistemas de pastoreo y estrategias de alimentación del rodeo. Pretender que los animales hagan un uso homogéneo de recursos que son naturalmente heterogéneos como el campo nativo, puede determinar un incremento en el tiempo y energía dedicados por el animal a seleccionar, y una reducción en los niveles de producción. En este sentido, los patrones naturales de comportamiento de los animales, lejos de ser considerados un problema, deben ser integrados como una oportunidad de incrementar la eficiencia de uso del campo nativo. Resulta clara entonces, la necesidad de continuar profundizando en el conocimiento de los patrones de comportamiento de rumiantes en ambientes heterogéneos para incorporarlos en el diseño y manejo de los sistemas productivos.

4. CONCLUSIONES

Los cambios en el tiempo de pastoreo y rumia generados por los distintos niveles de oferta de forraje, evidenciaron diferentes estrategias de pastoreo de los animales frente a cambios en la estructura de la pastura. Niveles de oferta de 2,5 kg MS/kg PV podrían ser limitantes para el consumo animal, y determinar elevados costos energéticos por actividad de pastoreo. Sin embargo, la oferta de forraje en tanto constituye un indicador que integra la carga animal y la cantidad de forraje disponible, debería ser complementada con otros indicadores como la altura de forraje, que describan la estructura de la pastura, de estrecha relación con el comportamiento animal en pastoreo.

Los animales hicieron un uso diferencial de las distintas zonas de las parcelas a lo largo del día, que se relacionó con diferencias en la pastura, la ubicación del agua y el abrigo. El patrón de uso del espacio no fue modificado por la oferta de forraje, y presentó una fuerte base evolutiva al orientar la actividad de pastoreo procurando minimizar el riesgo de predación.

Comprender y manejar los patrones espacio-temporales de comportamiento de rumiantes en ambientes heterogéneos como el campo nativo, resulta necesario para incrementar la producción vegetal y animal. Incorporar los conceptos de selectividad y diversidad de alimentos en el diseño y manejo de los sistemas pastoriles, permitirá crear sistemas de producción sostenibles con un mayor beneficio para los suelos, plantas, herbívoros y seres humanos.

5. BIBLIOGRAFÍA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2000. Official Methods of Analysis. 17th edition. Washington, 28 pp.
- Altesor, A.; Piñeiro, G.; Lezama, F.; Jackson, R.; Sarasola, M.; Paruelo, J. 2006. Ecosystem changes associated with grazing in subhumid South American grasslands. *Journal of Vegetation Science*. 17: 323-332.
- Arnold, G.; Birrell, H. 1978. Food intake and grazing behaviour of sheep varying in body condition. *Animal Production*. 24:343-353.
- Arnold, G.; Dudzinski, M. 1978. Ethology of free-ranging domestic animals. *Developments in Animals and Veterinary Sciences*, vol. 2. Elsevier, Netherlands, 198 pp.
- Arnold, G. 1975. Herbage intake and grazing behavior of ewes of four breeds at different physiological states. *Australian Journal of Agricultural Research*. 26:1017-1024.
- Bailey, D.; Provenza, F. 2008. Mechanisms determining large-herbivore distribution. In: Prins, H. y Van Langevelde, F. (eds.) *Resource Ecology: Spatial and Temporal Dynamics of Foraging*. 7 – 28.
- Bailey, D.; Kress, D.; Anderson, C.; Boss, D.; Miller, E. 2001. Relationship between terrain use and performance of beef cows grazing foothill rangeland. *Journal of Animal Science*. 79:1883-1891.
- 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.
- Berretta, E.; Do Nascimento D., 1991. Glosario estructurado de términos sobre pasturas y producción animal. *Diálogo XXXII*. IICA. Procisur. 126 p.
- Burns, J. C. 2006. Grazing research in the humid East: A historical perspective. *Crop Science*. 46, 118–130.
- Carvalho, P.; Nabinger, C.; Lemaire, G.; Genro, T. 2011. Challenges and opportunities for livestock production in natural pastures: the case of Brazilian Pampa Biome. En: Feldman, S., Oliva, G., Sacido, M. (eds.) *Diverse*

- Rangelands for a Sustainable Society, IX International Rangeland Congress, 2–8 April. 2011. Rosario, Argentina. pp. IX–XV.
- Carvalho, P.; Batello, C., 2009. Access to land, livestock production and ecosystem conservation in the Brazilian Campos biome: The natural grasslands dilemma. *Livestock Science*, 120, 158 - 162.
- Carvalho, P.; Prache, S.; Damasceno, J. 1999. O processo de pastejo: desafios da procura e apreensão da forragem pelo herbívoro. In: Penz Junior, A.; Afonso, L.; Wassermann, G. (Org.). Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Anais Porto Alegre, v.36, p.253-268.
- Castaño, J.; Ceroni, M.; Giménez, A.; Furest, J.; Aunchayna, R. 2010. Caracterización agroclimática del Uruguay: 1980 - 2009. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Uruguay. In http://www.inia.org.uy/gras/agroclima/cara_agro/index.html (Último acceso: 10 diciembre 2011).
- Chacon E.; Stobbs T. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*, 27, 709– 729.
- Chapman, D.; Parsons, A.; Cosgrove, G.; Barker, D.; Marotti, D.; Venning, K.; Rutter, S.; Hill, J.; Thompson, A. 2007. Impacts of spatial patterns in pasture on animal grazing behavior, intake, and performance. *Crop Science*. 47: 399-415.
- Cosgrove, G.; Parsons, A.; Marotti, D.; Rutter, S.; Chapman, D. 2001. Opportunities for enhancing the delivery of novel forage attributes. *Proceedings of New Zealand Society of Animal Production*. 61: 16-19.
- Da-Trindade, J.K. 2011. Ingestive behavior and forage intake by beef cattle grazing on complex natural grassland. PhD Thesis, Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil, 148 pp.
- Daget, Ph.; Godron, M. 1982. Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés. Ed. Masson, Paris, 163 pp.

- Distel, R.; Soca, P.; Demment, M.; Laca, E. 2004. Spatial-temporal arrangements of supplementation to modify selection of feeding sites by sheep. *Applied Animal Behaviour Science*. 89: 59-70.
- Dumont, B.; Rook, A.; Coran, Ch.; Röver, K. 2007. Effects of livestock breed and grazing intensity on biodiversity and production in grazing systems. 2. Diet selection. *Journal Compilation*. Blackwell Publishing Ltd. *Grass and Forage Science*. 62: 159–171.
- Dumont, B.; Gordon, I. 2003. Diet selection and intake within sites and across landscapes, in: 't Mannetje, L., Ramírez-Avile's, L., Sandoval-Castro, C., Ku-Vera, J.C. (Eds.), *Proceedings of the VI International Symposium on the Nutrition of Herbivores*, Merida, Mexico 19–24 October 2003, pp. 175–194.
- Dumont, B.; Petit, M.; D'hour, P. 1995. Choice of sheep and cattle between vegetative and reproductive cocksfoot patches. *Applied Animal Behaviour Science*. 43, 1-15.
- Erlinger, L.; Tolleson, D.; Brown, C. 1990. Comparison of bite size, biting rate and grazing time of beef heifers from herds distinguished by mature size and rate of maturity. *Journal of Animal Science*. 68:3578-3587.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1979. Método para la aplicación práctica de la fórmula de Penman para el cálculo de la evapotranspiración potencial. *Serie Riego y Drenaje N° 17*, 298 pp.
- Farruggia, A.; Dumont, B.; D'hour, P.; Egal, D.; Petit, M. 2006. Diet selection of dry and lactating beef cows grazing extensive pastures in late autumn. *Journal Compilation*. Blackwell Publishing Ltd. *Grass and Forage Science* 61: 347–353.
- Fryxell, J.M. 2008. Predictive modelling of patch use by terrestrial herbivores. In: Prins, H. y Van Langevelde, F. (Eds.) *Resource Ecology: Spatial and Temporal Dynamics of Foraging*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 105–123.
- Funston, R.; Kress, D.; Havstad, K.; Doornobs, D. 1991. Grazing behaviour of rangeland beef cattle differing in biological type. *Journal of Animal Science*. 69: 1435-1442.

- Ganskopp, D.; Bohnert, D. 2009. Landscape nutritional patterns and cattle distribution in rangeland pastures. *Applied Animal Behaviour Science*. 116: 110–119.
- Gibb, M. 2006. Grassland management with emphasis on grazing behavior. In: Elgersma, A.; Dijkstra, J. y Tamminga, S. (eds.), *Fresh Herbage for Dairy Cattle*, 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, M.; Huckle, C.; Nuthall, R. 1998. Effect of time of day on grazing behaviour by lactating dairy cows. *Grass and Forage Science*, 53, 41–46.
- Gibb, M., Huckle, C., Nuthall, R., Rook, A.J., 1997. Effect of sward height on intake and behaviour by lactating British Friesian cows. *Grass and Forage Science*. 52, 309–321.
- Glienke, K.; Gomes da Rocha, M.; Roso, D.; Pötter, L.; Guasso da Costa, V.; Machado, J. 2010. Ingestive behavior and displacement patterns of beef heifers on Italian ryegrass pasture. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 39 (2), 247-254.
- Gonçalves, E.; Carvalho, P.; Devincenzi, T.; Lazzarotto, M.; Kellermann, F.; Ávila, A. 2009. Plant-animal relationships in pastoral heterogeneous environment: path patterns and feeding stations. *Revista Brasileira Zootecnia*. 38, 2121-2126.
- Gregorini, P. Pas, S.; Tamminga, S.; Gunter, S. 2006. Review: Behavior and Daily Grazing Patterns of Cattle. *Professional Animal Scientist* 22: 201–209.
- Harris, N.; Johnson, D.; George, M.; McDougald, N. 2002. The Effect of Topography, Vegetation, and Weather on Cattle Distribution at the San Joaquin Experimental Range, California. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-184.
- Haydock, K.; Shaw, N., 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 15: 663-670.
- Heady, H. 1964. Palatability of herbage and animal preference. *Journal of Range Management*. 17, 76–82.

- Hejcmanová, P.; Stejskalova, M.; Pavlu, V.; Hejcman, M. 2009. Behavioural patterns of heifers under intensive and extensive continuous grazing on species-rich pasture in the Czech Republic. *Applied Animal Behaviour Science*. 117, 137–143
- Hessle, A.; Rutter, M.; Wallin, K. 2008. Effect of breed, season and pasture moisture gradient on foraging behaviour in cattle on semi-natural grasslands. *Applied Animal Behaviour Science*. 111, 108–119.
- Hirata, M.; Yamamoto, K.; Tobisa, M. 2010. Selection of feeding areas by cattle in a spatially heterogeneous environment: selection between two tropical grasses differing in accessibility and abiotic environment. *Journal of Ethology*. 28 (1), 95-103.
- Hirata, M.; Iwamoto, T.; Otozu, W.; Kiyota D. 2002. The effects of recording interval on the estimation of grazing behavior of cattle in a daytime grazing system. *Asian-Australian Journal of Animal Science*. 15, 745-750.
- Hodgson, J. 1990. *Grazing management. Science into practice*. Logman Scientific & Technical: Harlow, 203 pp.
- Hodgson, J. 1985. The control of herbage intake in the grazing ruminant. *Proceedings of the Nutrition Society*. 44, 339–346.
- Jamieson, W.S.; Hodgson, J. 1979. The effects of variation in sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves and lambs under a continuous stocking management. *Grass and Forage Science*. 34, 273–282.
- Johnson, H. 1994. Animal physiology. In *Handbook of Agricultural Meteorology*. Ed. John Griffiths, New York, 44 – 58.
- Kennedy, E.; O'Donovan, M.; Murphy, J.P.; Delaby, L.; O'Mara, F. 2007. Effect of Spring Grazing Date and Stocking Rate on Sward Characteristics and Dairy Cow Production During Midlactation. *Journal of Dairy Science*. 90, 2035–2046.
- Knecht, H.; Hengeveld, G.; Van Langevelde, F.; De Boer, W.; Kirkman, K. 2007. Patch density determines movement patterns and foraging efficiency of large herbivores. *Behavioral Ecology*. 18, 1065-1072.

- Kropp, J.; Holloway, J.; Stephens, D; Knori, L.; Morrison, R.; Totusek, R. 1973. Range Behavior of Hereford, Hereford X Holstein and Holstein Non-Lactating Heifers. *Journal of Animal Science*. 36:797-802.
- Laca, E. 2009. New Approaches and Tools for Grazing Management. *Rangeland Ecology & Management*. 62 (5), 407–417.
- Laca, E. 2008. Foraging in a heterogeneous environment. In: Prins, H. and Van Langevelde, F. (eds.) *Resource Ecology: Spatial and Temporal Dynamics of Foraging*, 81 - 100.
- Laca, E.; Distel, R.; Griggs, T.; Demment, M. 1994. Effects of canopy structure on patch depression by grazers. *Ecology*. 75, 706–716.
- Lathrop, W.; Kress, D.; Havstad, K.; Doornbos, D.; Ayers, E. 1988. Grazing behavior of rangeland beef cows differing in milk production. *Applied Animal Behaviour Science*. 21, 315-327.
- Linnane, M.I.; Brereton, A.J.; Giller, P.S., 2001. Seasonal changes in circadian grazing patterns of Kerry cows (*Bos taurus*) in semi-feral conditions in Killarney National Park, Co. Kerry, Ireland. *Applied Animal Behaviour Science*. 71, 277–292.
- Lund, H. 2007. Accounting for the world’s rangelands. *Rangelands*, 29 (1), 3–10.
- MGAP-DIEA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca – Dirección Estadísticas Agropecuarias). 2001. *Censo General Agropecuario*. Montevideo. Uruguay.
- MGAP-DIEA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca – Dirección Estadísticas Agropecuarias). 2010. *Anuario Estadístico Agropecuario 2010*. Montevideo. Uruguay.
- Mott, G.; Lucas, H. 1952. The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures, in: Wagner, R.E. (ed.) *Proc. Int. Grassl. Congr., 6th, Penn State College*. 17–23 Aug. 1952. State College Press, PA. pp. 1380– 1385.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 1976. *Livestock hot weather stress. Regional Operations Manual Letter*. Kansas City, Missouri, 76 pp.

- NRC (Nutrient Requirements of Beef Cattle). 1996. 7th Revised ed. National Academy Press, Washington, DC, USA. 232 pp.
- Nuthall, R.; Rutter, S.; Rook, A. 2000. Milk production by dairy cows grazing mixed swards or adjacent monocultures of grass and white clover. in: Proc. Sixth British Grassland Society Research Meeting, Aberdeen, UK. pp. 117-118.
- Olmos, F.; Franco, J.; Sosa, M. 2005. Impacto de las prácticas de manejo en la productividad y diversidad de pasturas naturales En: Seminario de actualización técnica en manejo de campo natural. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Serie técnica 151. p 33-39.
- Oyhantçabal, W.; Equipos Mori, 2003. Encuesta de actitudes y comportamientos tecnológicos de los ganaderos uruguayos. INIA / Equipos Mori – 1999. Serie FPTA-INIA N° 9. 108 p.
- Pereira, G.; Soca, P. 2000. Programa para la toma de decisiones en predios ganaderos: PLAN G. En página WEB de Facultad de Agronomía. Universidad de la República. <http://www.rau.edu.uy/agro/ccss/publicaciones.htm>. (Último acceso: 10 diciembre 2011).
- Piaggio, L. 1994. Parametros determinantes do consumo e seletividade de novilhos em pastejo de campo nativo melhorado. Tesis Doctoral. Porto Alegre. Brasil. 439 p.
- Pinto, C.; Carvalho, P.; Frizzo, A.; Silveira, J.; Nabinger, C.; Rocha, R. 2007. Comportamento ingestivo de novilhos em pastagem nativa no Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Zootecnia, 36 (2), 319-327.
- Piñeiro, G. 2011. Impactos de la ganadería sobre la dinámica del C y N en los pastizales del Río de la Plata. En: Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de los pastizales. Altesor, E.; Ayala, W; Paruelo, J. (Eds.). Serie FPTA N° 26, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Montevideo, Uruguay. pp. 79 – 98.
- Prendiville, R.; Lewis, E.; Pierce, K.; Buckley, F. 2010. Comparative grazing behavior of lactating Holstein-Friesian, Jersey, and Jersey × Holstein-Friesian dairy cows and its association with intake capacity and production efficiency. Journal of Dairy Science. 93, 764–774.

- Provenza, F. 1995. Postingestive feedback as an elementary determinant of food selection and intake in ruminant. *Journal of Range Management*. 48:2.
- Pulido, R.; Leaver, J. 2001. Quantifying the influence of sward height, concentrate level and initial milk yield on the milk production and grazing behaviour of continuously stocked dairy cows. *Grass and Forage Science*. 56, 57-68.
- Realini, C.E.; Hodgson, J.; Morris, S.T.; Purchas, R.W., 1999. Effect of sward surface height on herbage intake and performance of finishing beef cattle. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 42, 155–164.
- Rodríguez-Palma, R.; Rodríguez, T.; Alba, O.; Vergnes, P. 2011. Rangeland fertilization and animal production. in: Feldman, S., Oliva, G., Sacido, M. (eds.) *Diverse Rangelands for a Sustainable Society*, IX International Rangeland Congress, 2–8 Abril. 2011. Rosario, Argentina. pp. 656–657.
- Rosengurtt, B. 1979. Tabla de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Departamento de Publicaciones y Ediciones, Universidad de la República, Montevideo, 86 pp.
- Rosengurtt, B. 1943. Estudios sobre praderas naturales del Uruguay. Tercera Contribución. Barreiro y Ramos, Montevideo, Uruguay. 281 pp.
- Rosengurtt, B.; Gallinal, J.P.; Bergalli, L.; Aragon, L.; Campal, E. 1939. Estudios sobre praderas naturales del Uruguay. La variabilidad de la composición de las praderas. *Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos*, XI (3): 28-33.
- Rutter, S. 2010. Review: Grazing preferences in sheep and cattle: Implications for production, the environment and animal welfare. *Canadian Journal of Animal Science*. 90, 285-293.
- Rutter, S. 2006. Diet preference for grass and legumes in free-ranging domestic sheep and cattle: current theory and future application. *Applied Animal Behaviour Science*. 97 (1), 17–35
- Rutter, S. 2000. Graze: a program to analyse recordings of jaw movements of ruminants. *Behaviour, Research, Methods, Instruments and Computers*. 32, 86-92.
- Rutter, S.; Orr, R.; Yarrow, N.; Champion, R. 2004. Dietary preference of dairy cows grazing ryegrass and white clover. *Journal of Dairy Science*. 87, 1317-1324.

- Rutter, S.; Nuthall, R.; Champion, R.; Orr, R.; Rook, A. 2001. Preference for grass and clover by dairy cattle: is free choice important? In: Proceedings of the 35th International Conference of the International Society for Applied Ethology, Davis CA. p. 148.
- Rutter, S.; Champion, R.; Penning, P. 1997. An automatic system to record foraging behaviour in free-ranging ruminants. *Applied Animal Behaviour Science*. 54, 185- 195.
- Senft, R.; Coughenour, M.; Bailey, D.; Rittenhouse, L.; Sala, O.; Swift, D. 1987. Large herbivore foraging and ecological hierarchies. *BioScience*. 37: 789–799.
- Short, R.; Bellows, R.; Staigmiller, R.; Berardinelli, J.; Custer, E. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *Journal of Animal Science*. 68, 799-816.
- Sollenberger, L.; Moore, J.; Allen, V.; Pedreira, C. 2005. Reporting forage allowance in grazing experiments. *Crop Science*. 45, 896–900.
- Soca, P.; Olmos, F.; Espasandín, A.; Bentancor, D.; Pereyra, F.; Cal, V.; Sosa, M.; Do Carmo, M. 2008. Impacto de cambios en la estrategia de asignación de forraje sobre la productividad de la cría con diversos grupos genéticos bajo pastoreo de campo natural. En: Seminario de actualización: Cría vacuna. Serie Técnica Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria INIA N° 174. Treinta y Tres, Uruguay. 110-119.
- Soca, P.; Orcasberro, R. 1992. Propuesta de Manejo del Rodeo de Cría en base a Estado Corporal, Altura del Pasto y Aplicación del Destete Temporario. pp 54-56. In: Evaluación Física y Económica de Alternativas Tecnológicas en Predios Ganaderos. Estación Experimental M. A. Cassinoni. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. 56 p.
- Soder, K.; Gregorini, P.; Scaglia, G.; Rook, A. 2009. Dietary selection by domestic grazing ruminants in temperate pastures: current state of knowledge, methodologies, and future direction. *Rangeland Ecology and Management*. 62, 389–398.

- Soriano, A. 1991. Río de la Plata Grasslands. En: Coupland R.T. (ed.), Natural Grasslands. Introduction and Western Hemisphere. Elsevier, Amsterdam, pp. 367–407.
- Stobbs, T. 1975. Factors limiting the nutritional value of grazed tropical pastures for beef and milk production, *Tropical Grasslands*. 9, 141.
- Stobbs, T. 1970. Automatic measurement of grazing time by dairy cows on tropical grass and legume pastures. *Tropical Grasslands*. 3 (4), 237-244.
- Stricklin, W.; Wilson, L.; Graves, H. 1976. Feeding behavior of Angus and Chrolais-Angus Cows During Summer and Winter. *Journal of Animal Science*. 43:721-732.
- Stuth, J. 1991. Foraging behavior. In: Heitschmidt, R. y Stuth, J. *Grazing management: An ecological perspective*. Oregon: Timber Press. p. 85-108.
- Taweel, H.; Tas, B.; Dijkstra, J.; Tamminga, S. 2004. Intake Regulation and Grazing Behavior of Dairy Cows Under Continuous Stocking. *Journal of Dairy Science*. 87, 3417-3427.
- Thurrow, J.; Nabinger, C.; De Souza, C.; Carvalho, P.; Oliveira, C.; Machado, M. 2009. Estrutura da vegetação e comportamento ingestivo de novilhos em pastagem natural do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38 (5), 818-826.
- Vallentine, J. 2001. *Grazing Management* (2nd ed.). Academic Press, 525 B Street, Suite 1900, San Diego, CA 92101-4495. Hardback, 659 pp.
- Vanzant, E.; Cochran, R.; Johnson, D. 1991. Pregnancy and lactation in beef heifers grazing tallgrass prairie in the winter: influence on intake, forage utilization, and grazing behavior *Journal of Animal Science*. 69:3027-3038
- Venning, K.; Thompson, A.; Chapman, D.; Kearney, G. 2004. Ewe and lamb growth from adjacent monocultures of grass and clover. En: Revell, D.; Taplin, D. eds. *Animal production in Australia*. Vol. 25. Aust. Soc. Anim. Prod., Adelaide, Australia. pp 336.
- Villalba, J.; Provenza, F. 2009. Learning and Dietary Choice in Herbivores. *Rangeland Ecology and Management*. 62 (5), 399-406.

- Vizcarra, J.; Ibañez, W.; Orcasberro, R. 1986. Repetibilidad y reproductibilidad de dos escalas para estimar la condición corporal de vacas Hereford. *Investigaciones Agronómicas* 7 (1): 45-47.
- Welch, J.; Smith, A. 1969. Effects of varying amount of forage intake on rumination. *Journal of Animal Science*. 28: 827-830.