

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**ANÁLISIS DEL PATRÓN DE PASTOREO DE VACAS DE CRÍA
FRENTE A CAMBIOS EN LA OFERTA DE FORRAJE DE
CAMPO NATURAL**

por

Fiama Daina MACHADO BONILLA

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

Abril 2020

Tesis aprobada por el tribunal integrado por Ing. Agr. PhD. Martín Jaurena, Dr. Andrés Cibils y Ing. Agr. MSc. Martín Do Carmo, el 23 de abril de 2020. Autora: Fiana Daina Machado Bonilla. Director Ing. Agr. PhD. Pablo Soca.

Dedico este trabajo a Guillermo, Francisco, Santiago y a mis padres.

AGRADECIMIENTOS

A Pablo Soca, Martín Claramunt y Martín Do Carmo por el apoyo constante en todo el proceso de formación.

A todo el equipo de FAGRO y EEBR, en especial a Dorrel Bentancur, Mariana Carriquiry, Jimena Gómez y Soledad Orcasberro.

A todo el equipo de la UPEP por su disposición para ayudar durante toda la carrera.

A mis compañeros Nicolás Costa, Florencia Meijides, Santiago Risso quienes colaboraron en la etapa de campo.

A mis amigas Estefanía Lados y Sofía Fossati por su ayuda en la recolección de datos.

A todos mis compañeros de maestría en especial a María Iewdiukow y Ana Guillenea.

Al tribunal de los seminarios Pablo Boggiano y Cristina Genro quienes enriquecieron el trabajo con sus aportes.

A Jorge Franco por el apoyo en el análisis estadístico.

A la Agencia Nacional de Investigación e Innovación ya que la investigación que da origen a los resultados presentados en la presente publicación recibió fondos bajo el código POS_NAC_2015_1_10202.

A mis padres Sandra y Atilio por ser incondicionales y siempre impulsarme hacia adelante.

A Santiago por su comprensión y ayuda para recorrer este camino.

A mis hijos Guillermo y Francisco por ser mi motor.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN.....	VII
SUMMARY.....	VIII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA, OBJETIVOS E HIPÓTESIS	1
1.1.1. <u>Objetivo general</u>	3
1.1.2. <u>Objetivos específicos</u>	3
1.1.3. <u>Hipótesis</u>	3
1.2. MARCO TEÓRICO.....	4
1.2.1. <u>Modelo conceptual del patrón espacio-temporal de pastoreo</u>	4
2. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	14
2.1. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	14
2.2. CONDICIONES METEOROLÓGICAS	16
2.3. MEDICIONES EN LA PASTURA	16
2.4. MEDICIÓN DE CC Y PV	17
2.5. CONDUCTA EN PASTOREO	17
2.6. ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA	19
2.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	21
3. <u>RESULTADOS</u>	23
3.1. LACTANCIA/VERANO	23
3.2. GESTACIÓN TEMPRANA/OTOÑO	29
3.3. GESTACIÓN TARDÍA/INVIERNO	34

4. <u>DISCUSIÓN</u>	39
5. <u>CONCLUSIONES</u>	49
6. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	50
7. <u>ANEXOS</u>	59
7.1 ABREVIATURAS.....	59
7.2. EFECTO DE LA OFERTA DE FORRAJE EN LA ESTRATEGIA DE PASTOREO A DIFERENTES ESCALAS DE VACAS DE CRÍA EN PASTOREO DE CAMPO NATURAL.....	60

RESUMEN

El objetivo fue analizar la relación entre cambios en la oferta de forraje (OF) con la conducta de pastoreo y el consumo de energía (CE) de vacas de cría en campo natural. Durante lactancia (LAC: 91 ± 28 días post parto), gestación temprana (GTE: 89 ± 16 días de gestación) y tardía (GTA: 182 ± 12 días de gestación), 40 vacas de cría de 401 ± 36 kg de peso vivo (PV) y $3,8 \pm 0,38$ unidades de condición corporal (CC) fueron asignadas a un diseño de bloques completos generalizados con niveles de OF: 8 vs 4 kg de materia seca (MS)/kg PV durante LAC y GTE para alta (AO) y baja (BO) OF respectivamente y 4 kg de MS/kg PV para ambas OF durante GTA. Se registró la masa total (MF), verde (MFV), altura (ALT) de forraje, frecuencia de observaciones de ALT entre 0 - 4, 5 - 9, 10 - 15 y >15 cm, el tiempo diario de pastoreo (TP), de descanso-rumia (DR) y caminata (TC), la alternancia pastoreo-DR (PDR), el número total (NST) y principales (NSP) sesiones de pastoreo, la tasa de bocado (TB), estaciones de alimentación (EA) y número de parches (NP) por hora de pastoreo. Se estimó el CE por vaca y se estudió la asociación entre variables que describen el comportamiento según la escala, la estructura del forraje, el CE y la CC para cada estación. El aumento en la OF incrementó la MF, MFV y ALT ($P < 0,001$), no obstante, el TP no fue afectado en ningún período evaluado. La ALT fue de 8,3 y $6,8 \pm 0,2$, 9,8 y $6,5 \pm 0,5$ y 4,5 y $3,1 \pm 0,1$ cm durante LAC, GTE y GTA para AO y BO respectivamente. Durante LAC, las vacas de AO tuvieron mayor CE (AO: 16,4 vs BO: $14,2 \pm 0,91$ Mcal/día; $P=0,04$) y menor EA (AO: 247 vs BO: 328 ± 19 EA/h; $P=0,004$). Durante GTE, AO provocó mayor CE (AO: 18,1 vs BO: $15,5 \pm 0,36$ Mcal/día; $P=0,006$). Las vacas de AO tuvieron menor TC (AO: 1 vs BO: 10 ± 1 min; $P=0,04$), menor EA (AO: 205 vs BO: 243 ± 36 EA/h; $P=0,02$) y la TB (AO: 47 vs BO: 53 ± 2 bocados/min; $P=0,02$) y mayor PDR (AO: 5,4 vs BO: $4,6 \pm 0,27$ número/día; $P=0,04$) y NSP (AO: 6,2 vs BO: $5,2 \pm 0,24$ número/día; $P=0,0004$). Durante GTA, AO tuvo mayor TC (AO: 5 vs BO: 24 ± 11 min; $P=0,03$) y TB (AO: 43 vs BO: 56 ± 4 bocados /min; $P=0,05$). Si bien el TP no fue afectado por la OF, el mayor TC, EA y TB estarían involucrados en las modificaciones de la estrategia de pastoreo de vacas de cría ante la reducción en la OF.

Palabras clave: oferta de forraje, tiempo de pastoreo, conducta en pastoreo

GRAZING PATTERNS OF BEEF COWS IN RELATION TO NATIVE GRASSLAND HERBAGE ALLOWANCE

SUMMARY

Our aim was to analyze the relationship between changes in herbage allowance (HA) and grazing behavior and energy intake (EI) of beef cows grazing on native grassland. During lactation (LAC), early gestation (EG) and late gestation (LG), 40 beef cows weighing 401 ± 36 kg (LW) and 3.8 ± 0.38 body condition score (BCS) were assigned to a generalized complete block design with two HA levels: 8 vs 4 kg of dry matter (DM) / kg LW during LAC and EG for high (Hi) and low (Lo) HA respectively and of 4 kg of DM / kg LW for both HA during LG. Total forage mass (FM), green forage mass (GFM), forage height, frequency of height observations between 0-4, 5-9, 10-15 and > 15 cm, daily grazing time (GT), resting-rumination (RR) and traveling (TT), number of alternating grazing-resting-rumination events (GRR), total number (TNS) and main (MGS) grazing bouts, bite rate (BR), number of feeding stations (FS) and number of patches (NP) per hour of grazing. High HA levels increased FM, GFM and forage height ($P < 0.001$), however, GT was not affected in any period evaluated. Forage height was 8.3 and 6.8 ± 0.2 , 9.8 and 6.5 ± 0.5 and 4.5 and 3.1 ± 0.1 cm during LAC, EG and LG for Hi and Lo HA, respectively. During LAC, Hi HA cows increased EI (Hi: 16.4 vs. Lo: 14.2 ± 0.91 Mcal/day; $P = 0.04$) and reduced FS (Hi: 247 vs. Lo: 328 ± 19 FS/h; $P = 0.004$). During EG, high HA caused increases in EI (Hi: 18.1 vs Lo: 15.5 ± 0.36 Mcal/day; $P = 0.006$). Hi HA cows had lower TT (Hi: 1 vs. Lo: 10 ± 1 min; $P = 0.04$), reduced FS (Hi: 205 vs. Lo: 243 ± 36 FS/h; $P = 0.02$) and BR (Hi: 47 vs. Lo: 53 ± 2 bites/min; $P = 0.02$) and increased GRR (Hi: 5.4 vs. Lo: 4.6 ± 0.27 number/day; $P = 0.04$) and MGS (Hi: 6.2 vs. Lo: 5.2 ± 0.24 number/day; $P = 0.0004$). During LG, the increase in HA reduced the TT (Hi: 5 vs. Lo: 24 ± 11 min; $P = 0.03$) and BR (Hi: 43 vs. Lo: 56 ± 4 bites/min; $P = 0.05$). Although the GT was not affected by the HA, the increase in TT, FS and BR would be involved in the modifications of the grazing strategy of beef cows due to the reduction in the HA.

Keywords: forage allowance, grazing time, grazing behavior

1. INTRODUCCIÓN

1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA, OBJETIVOS E HIPÓTESIS

En ecosistemas pastoriles, el resultado económico y ambiental está asociado a regular el flujo de captación y transformación de energía solar en producto animal, el cual, es principalmente afectado por cambios en la intensidad de pastoreo y los niveles de carga animal (Briske y Heitschmidt, 1991). En ecosistemas pastoriles con alta variación estacional en la cantidad de forraje y en los kilos de peso vivo (PV) animal, como en la región de Campos, el efecto de la carga animal opera a través de cambios en la oferta de forraje (OF; relación entre kilogramos de materia seca de forraje (MS) y de PV animal; Kg MS/kg PV). Los niveles de OF de 3 kg MS/kg PV promedio anual con que se maneja el rodeo de cría (Paparamborda, 2017) resultan en un prolongado desbalance entre la producción de forraje y los requerimientos de energía del rodeo, lo cual, limita el consumo de energía (CE) y contribuye a explicar los bajos porcentajes de preñez (65%) y bajos pesos al destete de los terneros (130-140 kg) del rodeo de cría nacional (Soca et al., 2013). Dichos indicadores de la ganadería familiar se traducen en un limitado resultado físico-económico que condiciona su sustentabilidad (Paparamborda, 2017).

Experimentos que estudiaron 3 vs 5 kg MS/kg PV en la OF promedio anual, con cambios en la OF entre estaciones del año en vacas de cría, la OF de 5 kg MS / kg PV resultó en un mejor balance de energía, mayor producción de carne por animal y unidad de superficie y eficiencia biológica (kg de ternero producido / kg de forraje consumido) comparado con 3 kg MS/kg PV (Claramunt et al., 2018; Do Carmo et al., 2018). No obstante, los niveles de cantidad y altura (ALT) de forraje en dichos experimentos fueron inferiores a los reportados como óptimos para la producción de forraje (Moojen y Maraschin, 2002) y el CE de vacunos en crecimiento bajo pastoreo de campo natural (Da Trindade et al., 2016). En base a dichos reportes, el grupo de Ecología del pastoreo de la Facultad de Agronomía, planteó la hipótesis que incrementos en la OF por sobre 5 Kg MS/kg PV de OF mejorarían los niveles de producción de carne por vaca y por unidad de superficie.

El CE por parte de los animales es uno de los principales determinantes de la producción individual y eficiencia de uso de los recursos (Van Soest et al., 1991). El CE en pastoreo integra decisiones tomadas por los vacunos a diferentes escalas espaciales y temporales (Senft et al., 1987, Bailey et al., 1996). Los animales en un día toman decisiones a escala de bocado, estación de alimentación (EA), parches y sitio de alimentación para seleccionar que consumir y que no, y estas decisiones interactúan con otras necesidades fisiológicas como rumia, termorregulación y actividades sociales (Senft et al., 1987; Bailey et al., 1996; Larson-Praplan et al., 2015). En este sentido, el patrón temporal diario de vacas en pastoreo está compuesto por dos sesiones de pastoreo principales en la mañana y en la tarde, y otros dos menores cercanos al medio día y a la media noche. Estas sesiones se modificaron con la cantidad de forraje disponible y necesidad de rumiar (Rook et al., 1994), atributos del paisaje como los árboles asociados a la necesidad de regular la temperatura corporal (Larson-Praplan et al., 2015) o características particulares de los animales (Bailey et al., 2004).

En campo natural son escasos los antecedentes que documentan relaciones entre la OF y el CE o el patrón espacio temporal del pastoreo en vacas de cría. El aumento de la OF de 3 a 5 kg MS/kg PV promedio anual, con cambios estacionales, provocó una reducción en el tiempo diario de pastoreo (TP) e incremento de tiempo de rumia, asociado a mayores niveles de masa de forraje (MF) y ALT del forraje (Scarlatto 2011). Sin embargo, no hay antecedentes con valores mayores de OF como se evaluó en el presente proyecto, y que describan la relación entre el patrón diario de comportamiento en pastoreo con el comportamiento a escala de tasa de bocado (TB), EA y parches. Es más, no conocemos trabajos que reporten simultáneamente todas las escalas mencionadas donde los bovinos definen el proceso de pastoreo y el CE. En vacunos en crecimiento, niveles de asignaciones de forraje de 16 kg MS/ 100 kg PV/día (5 kg MS/kg PV) se asociaron con registros de MF y ALT superiores a 2200 kg MS/ha y 13 cm respectivamente, con una distribución bimodal, donde coexisten estratos bajos y altos frecuentemente o escasamente pastoreados respectivamente (Mezzalira et al., 2013, Da Trindade et al., 2012). En esta categoría

animal, los estratos altos impusieron limitaciones en su utilización que se reflejó en cambios en el proceso del pastoreo (Da Trindade et al., 2012).

1.1.1. Objetivo general

Describir y cuantificar los cambios en la conducta de pastoreo a escala diaria y en la sesión de pastoreo cuando se modifica la OF de 5 a 8 kg MS/kg PV promedio anual, y analizar su relación con estimaciones del consumo de energía y la condición corporal de vacas de cría en pastoreo de campo natural.

1.1.2. Objetivos específicos

Evaluar los cambios en el tiempo diario de pastoreo, descanso/rumia, y caminata, y su distribución durante las sesiones diurnas, y el número de parches de pastoreo, estaciones de alimentación por hora de pastoreo y tasa de bocado de vacas de cría en pastoreo de campo natural frente a cambios en la OF.

Identificar las asociaciones entre la conducta con el consumo de energía de vacas de cría en pastoreo.

Contribuir a desarrollar un modelo conceptual que describa el patrón de pastoreo de vacas de cría ante modificaciones en la OF en diversas estaciones del año.

1.1.3. Hipótesis

1. Un incremento en la OF de 5 a 8 kg MS /kg PV promedio anual provoca incrementos en la masa y altura de forraje, que se asocian con reducción en el tiempo diario de pastoreo, en el número de parches, las estaciones de alimentación y tasa de bocados, mientas que aumentaría el número de sesiones de pastoreo de vacas cría en pastoreo de campo natural.

2. El incremento en la OF provocaría cambios en la conducta de pastoreo, como la reducción de las horas diarias de pastoreo, del número de parches y estaciones de alimentación visitados por hora de pastoreo, así como la reducción de la tasa de bocado que se asociarían con incrementos en el consumo de energía.

1.2. MARCO TEÓRICO

1.2.1. Modelo conceptual del patrón espacio-temporal de pastoreo

El patrón diario de pastoreo es el producto de decisiones complejas tomadas por los animales que responden a múltiples escalas (Gregorini et al., 2006). El pastoreo, es una actividad que incluye períodos cortos en los que el animal no se alimenta de forma activa, pero se dedica a actividades que se vinculan directamente con el pastoreo, como la búsqueda (Gibb et al., 1998). El CE por parte de los animales es uno de los principales determinantes de la producción individual y eficiencia de uso de los recursos (Van Soest et al., 1991) y ocurre mediante el proceso del pastoreo que integra decisiones tomadas por los vacunos a diferentes escalas espaciales y temporales (Bailey et al., 1996, Senft et al., 1987). Con estas decisiones los rumiantes seleccionan su dieta en base a dos objetivos que pueden operar en sentido inverso: la ingesta máxima de forraje o una adecuada selección nutrientes que satisfaga su demanda fisiológica (Senft et al., 1987).

Los rumiantes tienen de 3 a 4 sesiones principales de pastoreo por día (Gibb et al., 1998). Independientemente de la frecuencia, las principales sesiones de pastoreo ocurren próximas al amanecer y al atardecer (Gibb et al., 1998). Las sesiones de pastoreo más cortas y menos intensas ocurren por la noche, representando un pequeño porcentaje del TP diario y contribuyen mínimamente a la ingesta diaria de forraje (Gregorini et al., 2006, Krysl y Hess, 1993, O'Connell et al., 1989) mientras que las sesiones próximas al atardecer son de mayor intensidad y duración (Gibb et al., 1998). Durante el día, los vacunos en pastoreo presentan un patrón básico de

comportamiento que se caracteriza por la alternancia de pastoreo, rumia, descanso e interacciones sociales (Arnold y Dudzinski, 1978). Incluyendo el tiempo que dedican a buscar y consumir el forraje, los vacunos pastorean entre 7 y 12 horas por día (Hejmanová et al., 2009, Vallentine, 2001). Los cambios en cantidad y/o calidad de forraje afectan el patrón diario de pastoreo. Se ha reportado que en condiciones de escasa cantidad y/o calidad de forraje, los animales incrementan el TP, la TB (Hodgson, 1990), el número EA (Goncalves, 2007) y NP de pastoreo (Laca et al., 1994), procurando mantener el consumo de forraje (Fryxell, 2008, Dumont y Gordon, 2003).

Cuando un animal pastorea, una jerarquía de respuestas instintivas y acciones de comportamiento son empleadas para definir el sitio de pastoreo y la tasa de consumo (Senft, 1989). La forma en que los vacunos perciben y responden al valor de un paisaje como un lugar para buscar alimento dependerá de los atributos de la vegetación dispuestos jerárquicamente a través de escalas espaciales y temporales (Bailey et al., 1996, Senft et al., 1987) (Figura N°1).

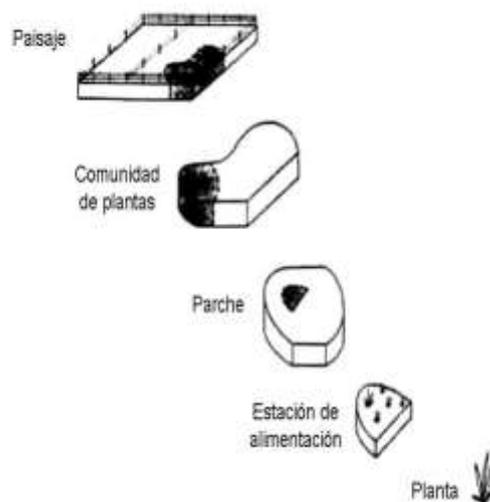


Figura N°1. Visión jerárquica del proceso de selección de la dieta (Stuth, 1991)

Esta aproximación, se basa en la teoría de las jerarquías para integrar las decisiones de pastoreo en diferentes escalas espacio-temporales de la vegetación, y resulta útil para explicar cómo el comportamiento en pastoreo se modifica con la escala de análisis considerada (Senft et al., 1987). Este modelo postulado por Senft et al. (1987), fue retomado para postular un modelo conceptual de conducta en pastoreo (Bailey et al., 1996) donde la conducta se analiza por las principales decisiones que los animales toman a diferentes escalas de tiempo y espacio (Cuadro N°1).

Cuadro N° 1: Modelo conceptual sobre la importancia de las escalas espacio - temporales en el patrón de pastoreo de grandes herbívoros (Bailey et al., 1996).

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 post-ingestivas
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

De acuerdo con la teoría de las jerarquías ecológicas, los procesos propios de una escala se desarrollan en el marco de la escala inmediata superior, y reflejan los procesos salientes de la escala inmediata inferior (Allen y Starr, 1982). En este

modelo, el bocado es la escala inferior del proceso de pastoreo. El bocado, se define por una secuencia de prensión de la planta, movimientos de la lengua y mandíbula, y cese de movimiento de la cabeza (Laca et al., 1994). La TB se define como el número de bocados tomados durante un período específico de tiempo, generalmente como bocados por minuto (Allen et al., 2011). La EA fue definida por Novellie (1978) como el área de plantas que alcanza el animal moviendo su cabeza sin mover las patas delanteras. A escala de EA, la conducta de bovinos en pastoreo puede resumirse en: tiempo de búsqueda entre EA, la TB dentro de la EA y tiempo de permanencia en cada EA (Stuth, 1991). Según Bailey et al. (1996) un parche es un agregado de EA que se define por la detención del pastoreo, el animal levanta la cabeza y se reorienta hacia una nueva ubicación. Los animales perciben la heterogeneidad en la distribución de los recursos en distintos niveles y la selectividad se puede expresar a nivel de EA dentro de una pastura, de especies dentro en una EA y de órganos dentro de una planta. Esto no solo depende de la estructura de la pastura sino también de las características del animal (Coleman, 1992). Senft et al. (1987) clasifican bocados, EA, y parches como comportamientos que ocurren a escala de la comunidad de plantas. Un sitio de pastoreo es el conjunto de parches que puede contener 1 o más comunidades de plantas. El sitio de pastoreo se define por la interrupción del comportamiento de pastoreo y comienzo de descanso, rumia o distintos comportamientos de búsqueda. El campo de pastoreo es un conjunto de sitios de alimentación que comparten un sitio común, donde las vacas beben, descansan o buscan refugio. Esta naturaleza anidada de búsqueda de alimento sugiere que el pastoreo podría ser el resultado de conductas diferenciales en escalas de alimentación separadas y puede acumularse con la continuación de los eventos de alimentación a través de las escalas (Wallis De Vries et al., 1999). Las decisiones tomadas por los animales a escalas espaciales y temporales mayores (por ejemplo, el comienzo del pastoreo) tienen gran impacto sobre el pastoreo y pueden restringir el comportamiento a escalas menores (Bailey et al., 1996). A su vez, el empleo de la memoria espacial y el estímulo provocado por las consecuencias post-ingestivas que suceden a niveles jerárquicos inferiores, podrían ser utilizadas por el animal para desarrollar expectativas acerca de las escalas superiores (Bailey y Provenza, 2008).

De esta manera, los animales integran la información a niveles jerárquicos inferiores (bocado, EA y parche) para poder evaluar y tomar decisiones a niveles mayores (sitios, campos y regiones de pastoreo) (Bailey et al., 1996, Provenza, 1995). La hipótesis de la saciedad (Provenza, 1996) fue sugerida por Bailey y Provenza (2008) como otra posible teoría que explica la tendencia de los animales para seleccionar el forraje dentro de una escala. Finalmente, estos comportamientos se modifican con el tiempo ya que el estado interno de los animales (ej. condición corporal, requerimientos de energía y aprendizaje) se modifica (Carvalho et al., 2008).

Para conceptualizar nuestro trabajo, se propuso la vinculación entre los modelos Bailey et al. (1996) y el que conceptualiza el flujo de la energía de la cría vacuna en campo natural (Do Carmo et al., 2016) (Figura N°2).

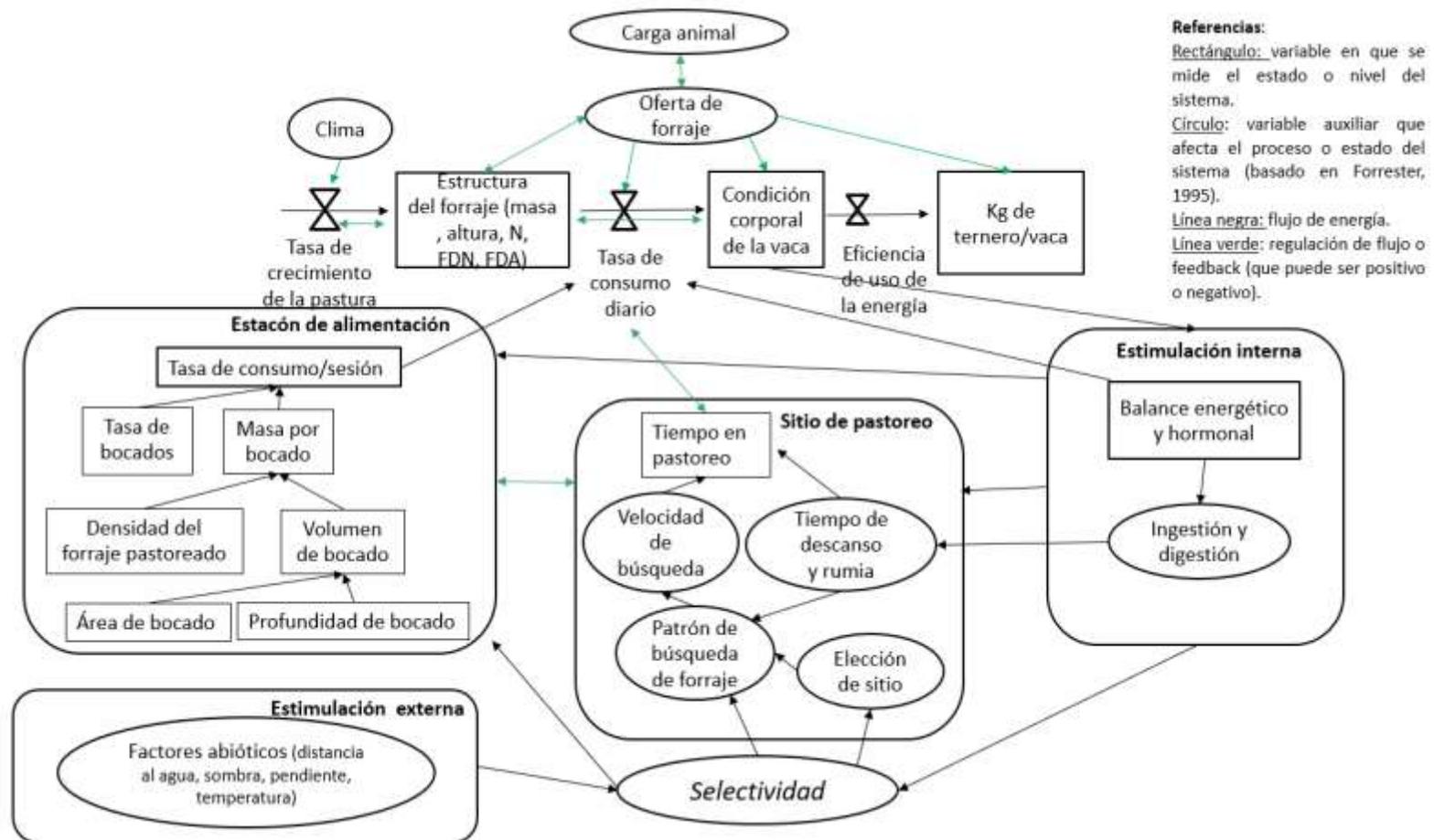


Figura N°2. Modelo conceptual del patrón espacio-temporal de pastoreo y selectividad a escala parche-sitio de pastoreo (Machado y Do Carmo, 2016)

En dicho modelo (Figura N°2) se intenta vincular la eficiencia de uso de la energía del proceso de Cría vacuna en Campos con el comportamiento en pastoreo y selectividad, modulado por los factores del animal, del forraje y abióticos. Las variables de estado del modelo reportado por Do Carmo et al. (2016) que explican la eficiencia de uso de la energía son: la estructura del forraje, la CC de la vaca y los kilos de ternero destetados por vaca. La tasa de consumo diario resulta afectada por la estructura del forraje y determina la CC de la vaca (Figura N°2).

La estructura del forraje afecta el comportamiento en pastoreo a varias escalas. De acuerdo a la teoría del forrajeo óptimo, los rumiantes seleccionan y están más tiempo en EA, parches, sitios de alimentación y campo de pastoreo donde el forraje es más abundante, los nutrientes están más concentrados y las toxinas se encuentran en niveles más bajos (Bailey y Provenza, 2008, Coppedge y Shaw 1998, Scott et al., 1995, Senft et al., 1985a). Esto resulta en que la estructura del forraje, en nuestro modelo conceptual se define por la MF, ALT y valor nutritivo del forraje, modifica el tiempo y uso del forraje desde la escala de bocado al sitio de alimentación. El CE diario se ha modelado como una función del TP y la tasa de consumo por unidad de tiempo. La estructura del forraje modifica la masa del bocado mediante cambios en el volumen del bocado y la densidad del forraje (Ungar, 1996; Griffiths et al., 2003). Cuando la masa de bocado disminuye, aumenta la TB, debido al menor tiempo de masticación, pero como existe un costo fijo asociado al tiempo de aprehensión de cada bocado, la tasa de consumo se reduce y el TP emerge como un mecanismo de compensación (Hodgson, 1990). Una menor tasa de consumo por limitantes en la estructura del forraje reduciría el tiempo que el animal está en cada EA, parche y sitio de alimentación. La selección por los sitios de pastoreo no sólo se explica por la concentración de nutrientes en el forraje, sino también por la heterogeneidad espacial de nutrientes y parches preferidos (Dumont et al., 2007; Laca, 2011). Bailey y Provenza (2008) sugirieron que los patrones de selección de sitio de alimentación de animales que viven en libertad son influenciados tanto por la disponibilidad de forrajes, la saciedad de los preferidos y la evitación de toxinas.

Los sitios preferidos para las actividades de pastoreo y no pastoreo como reposo y rumia, son generalmente influenciados por factores abióticos (Bailey, 2005,

Senft et al., 1985b). La pendiente, distancia al agua, distancia a la sombra, temperatura, viento, cercas, barreras, y atrayentes como sales y suplementos son factores abióticos que influyen en el patrón de pastoreo. Los vacunos definen su estrategia de pastoreo en base a la cercanía a fuentes de agua y refugio (Manning, 2018). El fotoperiodo es uno de los principales factores que determina el patrón diario de pastoreo, al definir la ubicación de las principales sesiones diarias de pastoreo. Cuando las horas de luz se reducen, los vacunos disminuyen el número y aumentan la duración de las sesiones de pastoreo (Gregorini et al., 2006).

El consumo de nutrientes, balance de energía y estatus fisiológico son señales internas que afectan el comportamiento en pastoreo. Se ha encontrado que durante la lactancia se incrementa el TP en ovejas (Arnold, 1975), vacas lecheras (Gibb et al., 1999) y vacas de razas carniceras (Vanzant et al., 1991). Gregorini et al. (2007) manipularon el contenido ruminal para generar un efecto llenado-vaciado y encontraron que con la reducción del contenido ruminal se incrementó: 1) la masa de bocado por un aumento del área de bocado, 2) el tiempo de residencia por EA y el número de bocados por EA, 3) el TP. Por otra parte, se redujo el tiempo de búsqueda y desplazamiento por lo que el efecto de ayuno generado redujo la selectividad a escala de bocado y EA.

Son escasos los antecedentes que reportan el efecto de la OF sobre el comportamiento a varias escalas de pastoreo de vacas de cría en diferentes estados fisiológicos. En condiciones de limitada OF los vacunos tienden a aumentar el TP y la TB buscando aumentar la tasa de ingestión (Gordon y Lascano, 1993). El aumento de la asignación de forraje de 4 a 16 kg MS/ 100 kg PV del campo natural provocó una reducción de la TB (1,1 vs 1,4 segundos por bocado, $P= 0,015$; Mezzalira et al., 2013) y EA por hora de pastoreo (822 a 522 EA/hora de pastoreo $P < 0,0001$; Goncalves, 2007) en bovinos de recría. Un incremento de 2,5 a 4 kg MS/kg PV se asoció con reducciones entre 35 y 63 minutos en el TP e incrementos de 37 y 38 minutos en el tiempo de rumia, de vacas de cría durante primavera y otoño respectivamente (Scarlatto, 2011). En animales de recría, independientemente del nivel de OF y la estación del año evaluada (evaluado en primavera y verano), los

registros inferiores de TP se ubicaron con una MF entre 1400 y 2200 kg de MS/ha y una ALT entre 9 y 13 cm (Da Trindade et al., 2012).

Es posible postular la hipótesis de que, por su relación directa con los atributos cuantitativos y estructurales del forraje, la ingestión a nivel de EA sería un importante indicador de las condiciones de alimentación. La cantidad de forraje se relacionó con el tiempo de permanencia en cada EA (Carvalho et al., 1999). En situaciones con abundancia de forraje, el número de pasos entre EA es alto en la medida en que el animal cosecha bocados de elevada MF en la EA anterior, lo que le permite caminar entre EA durante más tiempo mientras ocurre la masticación o tener más tiempo para seleccionar sin tener una penalización a escala temporal. Esto le permitiría ser más selectivo sin perder la eficiencia en el desplazamiento, el animal que busca la próxima EA masticando el último bocado, optimiza su tiempo (Fryxell, 2008). Bajo reducciones en la ALT, los animales caminan menos entre EA y se desplazan más rápidamente (Carvalho et al., 2008). Ha sido reportado que el número de EA por minuto se correlacionó negativamente con el número de bocados/EA ($r = -0,838$, $P < 0,001$) (Hirata et al., 2014). El número de EA que visitaron las vacas por unidad de tiempo de pastoreo estuvo determinado principalmente por la cantidad de bocados que tomaron en las EA individuales. Dicho estudio demostró que el número de bocados/EA puede aumentar incrementando la ALT y/o la digestibilidad de la MS de forraje. La búsqueda entre EA ocupa el 20-30% del TP y parece ser un mecanismo de ajuste asociado con la calidad del forraje disponible; los animales reducen el TP a medida que la calidad del forraje disminuye (Stuth, 1991). Larson-Praplan et al., (2015) encontraron que, bajo condiciones de reducción en la ALT, se redujeron el NP y el tamaño de los mismos, debido a que los animales se llenarían más rápido y tendería a viajar distancias más cortas durante el pastoreo, imponiendo así una mayor heterogeneidad de forraje utilización.

En base a estos antecedentes se plantea la hipótesis de trabajo general sobre que es posible encontrar relación entre la conducta a escala diaria y sesión de pastoreo, las cuales explicarían el CE y se modifican con el estado fisiológico de las vacas y/o estación del año.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

El trabajo se realizó en el marco de un experimento de pastoreo de largo plazo ubicado en la Estación Experimental Profesor Bernardo Rosengurtt, Facultad de Agronomía, Udelar, departamento de Cerro Largo, Uruguay (32 ° 35 'S, 54 ° 15' O). Desde el año 2007 el experimento evalúa el efecto de dos niveles de OF (Do Carmo et al., 2018). El diseño experimental es de bloques al azar, donde los bloques representan suelos arenosos (Bloque 1: Unidad Zapallar; MGAP, 1976) y arcillosos (Bloque 2: Unidad Fraile Muerto, MGAP, 1976) y se evalúa el efecto de dos tratamientos de OF: Alta (AO: 8 kg MS/kg PV) y Baja (BO: 5 Kg MS/kg PV) OF promedio anual sobre la productividad de la cría vacuna. En cada bloque, fueron dispuestas dos réplicas de cada tratamiento.

La OF (relación entre la masa de forraje y carga animal, kg MS/kg PV; Sollenberger et al., 2005) se modificó entre 12 y 8 para AO y 8 y 4 Kg MS/kg PV para BO durante Primavera y Verano-Otoño respectivamente manteniéndose igual (4 kg MS/kg PV) para ambos tratamientos durante Invierno. Estos niveles de OF, superiores a los que se manejaban anteriormente, operan desde el año 2015. El ajuste de la OF se realizó de forma mensual mediante el método de “put-and-take” (Mott y Lucas, 1952), donde la cantidad de forraje fue estimada mediante el método de rendimientos comparativos (Haydock y Shaw, 1975) y del PV de las vacas “fijas” y “volantes” sin ayuno a la misma hora del día. Las vacas “fijas o experimentales” ingresaron durante Marzo de 2016 y se mantuvieron durante todo el período experimental mientras que las "volantes" fueron de la misma raza, tamaño, PV, estado corporal, y estado fisiológico que las experimentales.

El estudio de la conducta en pastoreo se realizó durante lactancia (LAC) del 15 al 30 de diciembre de 2016, gestación temprana (GTE) del 25 de abril al 7 de mayo de 2017 y gestación tardía (GTA) del 1 al 10 de agosto de 2017. Se emplearon 40 vacas de cría (Cuadro N°2) de las razas Hereford, Aberdeen Angus, Bonsmara y Hereford x Aberdeen Angus como animales experimentales (Cuadro N°3).

Cuadro N°2. Peso vivo (PV: kg), condición corporal y estado fisiológico.

Momento	Peso vivo (kg)	Condición corporal	Estado Fisiológico
Lactancia	388 ± 35	3,8 ± 0,27	91 ± 28 días de lactancia
Gestación temprana	418 ± 35	3,9 ± 0,43	89 ± 16 días de gestación
Gestación tardía	397 ± 38	3,8 ± 0,45	182 ± 12 días de gestación

Cuadro N°3. Número de animales por tratamiento de oferta de forraje (OF) y total según la raza: Aberdeen Angus (AA), Bonsmara (BO), Hereford x Aberdeen Angus (HA) y Hereford (HH) durante los períodos de lactancia (LAC), gestación temprana (GTE) y gestación tardía (GTA).

Período	Razas				Total
	AA	BO	HA	HH	
LAC					
Alta OF	7	2	1	2	12
Baja OF	4	2	0	2	8
Total					20
GTE					
Alta OF	1	1	0	2	4
Baja OF	2	0	2	0	4
Total					8
GTA					
Alta OF	3	1	0	0	4
Baja OF	3	1	0	1	5
Total					9

2.2. CONDICIONES METEOROLÓGICAS

Los registros meteorológicos fueron colectados en Estación Meteorológica de Melo, Cerro Largo, del Instituto Uruguayo de Meteorología, ubicada a 20 km de la Estación Experimental. La temperatura media ($23,8 \pm 3$, $18,6 \pm 4$, $14,3 \pm 4$ °C para Verano, Otoño e Invierno respectivamente) la cual respecto al promedio histórico 1981-2010 ($12,3 \pm 1$ °C, INUMET, 2019), resultó similar para Verano y Otoño y 2°C superior en Invierno respectivamente.

Las lluvias superaron en 65 y 110 mm al promedio histórico de Otoño e Invierno del período 1981-2010 (Figura N°3).

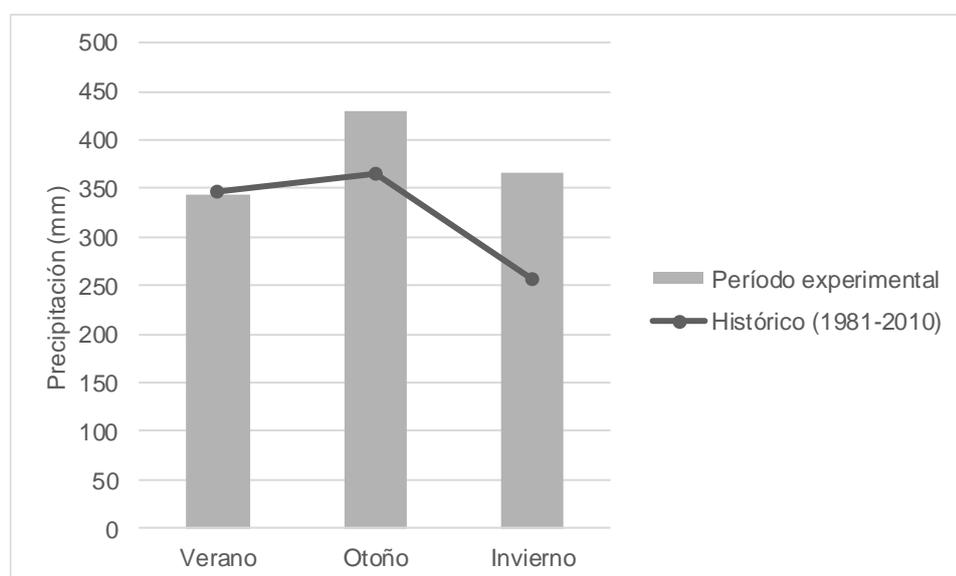


Figura N°3. Precipitaciones (mm) durante los períodos experimentales y su comparación con el promedio histórico (1981-2010).

2.3. MEDICIONES EN LA PASTURA

La cantidad de forraje (MF: kg MS/ha) se determinó por el método de rendimiento comparativo (Haydock y Shaw 1975) en base a una escala visual de 5 puntos para cada réplica (marcada por cuadros de 0,5 x 0,5 m). En cada cuadro

donde se cortó el forraje se tomaron 5 registros de ALT (cm) con regla en el punto de mayor densidad de forraje (Hodgson, 1990). Cada escala fue cortada a ras del suelo y secada en estufa de aire forzado a 60°C, durante 48-72 h, lo que permitió asociar la cantidad de MS del forraje con la escala visual. En la parcela, para estimar la MF, ALT y la cantidad de material verde y seco fueron tomadas 150 estimaciones visuales.

Se describió la frecuencia de estratos entre; 0 - 4, 5 - 9, 10 - 15 y >15 cm, que representarían la estructura del campo natural asociada con el consumo de forraje igual o inferior a mantenimiento de una vaca de cría (0-4 cm) y donde la recria vacuna optimizaría la tasa de consumo, selectividad y ganancia diaria de PV respectivamente (Da Trindade et al., 2016).

2.4. MEDICIÓN DE CC Y PV

Se estimó mensualmente la CC y el PV de las vacas experimentales mediante apreciación visual (escala de 1 al 8, Vizcarra et al., 1986) y en balanza electrónica por la mañana sin ayuno previo respectivamente (Coates y Penning, 2000).

2.5. CONDUCTA EN PASTOREO

Los registros de tiempo de pastoreo (TP), descanso-rumia (DR) y tiempo de caminata (TC) fueron colectados mediante el empleo del collar MOONITOR® (Brosh y Goldberg, 2017) equipado con acelerómetro. Durante el LAC, en base al PV, CC y días de lactancia a las vacas de cría se le colocaron al azar collares MOONITOR® (CattleCare150i; Peso aproximado: 2 kg) durante 8 días consecutivos, lo cual permitió estimar el pastoreo, descanso-rumia y caminata cada 5 minutos y la posición geográfica (con una precisión de 2,5 metros) de la vaca a intervalos de 1 hora. Para el análisis de datos se utilizaron los registros de 4 días para LAC y GTE y 3 días para GTA. Los collares fueron validados en vacas de cría en condiciones de campo extensivas. La actividad se determinó mediante un microcontrolador de baja potencia y un algoritmo espacial para el análisis de las señales del acelerómetro (Brosh y Goldberg, 2017). Los tiempos dedicados a cada actividad se estimaron en función de las salidas de los 3 ejes del acelerómetro y del

algoritmo que estima la intensidad del movimiento. Se utilizaron dos límites para determinar la actividad en función de la intensidad del movimiento, entre descanso/rumia y pastoreo (875 k) y entre pastoreo y caminata (3500 k) (Brosh y Goldberg, 2017). La información de cada collar se transmitió a una computadora por medio de una antena ubicada a una distancia máxima de 50 m del collar. Se descargaron dos archivos por collar, con información correspondiente a la actividad y ubicación de las vacas. Con el fin de descartar anomalías en el comportamiento de los animales debido al manejo en los corrales, así como los problemas en el suministro de energía, se eliminaron los registros correspondientes a los días de colocación del collar.

El TP, DR y TC, según el turno de pastoreo matutino (AM), vespertino (PM) y nocturno (noche), se estimó en base al producto de cada proporción por la duración en minutos del día y turno, lo cual, asume, de acuerdo a la literatura consultada (Hirata et al., 2002) que durante los 5 minutos evaluados el animal se encontraba realizando la misma actividad. Las diferencias en el número de días entre los períodos fisiológicos evaluados se explican por fallas en el registro de los collares. Los turnos de pastoreo se definieron en base a la salida y puesta del sol (Cuadro N°4).

Cuadro N°4. Horarios y duración (hs) de los turnos matutino (AM), vespertino (PM) y nocturno (noche) durante lactancia (LAC), gestación temprana (GTE) y gestación tardía (GTE).

	LAC		GTE / GTA	
	Horario	Duración	Horario	Duración
AM	5:00 a 11:59	7	7:30 a 11:59	4,5
PM	12:00 a 19:59	8	12:00 a 17:59	6
noche	20:00 a 4:59	9	18:00 a 7:29	13,5

El patrón de pastoreo diario y por sesión de pastoreo se estimó como el número de veces que las vacas alternaron entre el pastoreo y descanso/rumia por día (PDR), el número total (NST) y de las principales (NSP) sesiones de pastoreo (las cuales fueron estimadas como aquellas superiores a una hora continua de pastoreo) (Gibb et al., 1998).

Durante las sesiones de pastoreo, en base a observación visual, se describió la TB, EA y NP (Bailey et al., 1996). Los observadores fueron entrenados previo a cada período de evaluación. Se seleccionaron al azar dos vacas equipadas con MOONITOR y durante tres días de pastoreo se estimó la TB como el tiempo en dar 100 bocados de prehensión (Hodgson, 1990), número de EA como el área de plantas disponible para el vacuno sin que mueva sus patas delanteras y NP por hora de pastoreo, definido por la detención del pastoreo y cambio en la orientación (Bailey et al., 1996). El equipo de observadores fue integrado por 3 personas y las observaciones fueron llevadas a cabo entre las 5:30 a 10:00 h (AM) y 17:00 a 20:00 h (PM) durante LAC y de 7:00 a 12:00 h (AM) y de 15:00 a 18:30 h (PM) durante GTE y GTA. Las vacas fueron pintadas en las costillas para facilitar la identificación en el campo. Cuando fue necesario se utilizaron binoculares de manera de mantener una distancia mínima entre vaca-observador con el fin de prevenir alteraciones de la conducta.

2.6. ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA

Se empleó el modelo CSIRO (1990) donde el consumo de energía (CE) potencial depende del tamaño animal y su relación con el peso vivo normal y el consumo relativo integra las restricciones del potencial provocadas por la cantidad y calidad del forraje. Para la estimación del CE se emplearon los datos de PV de las vacas experimentales y los datos de MF para cada período evaluado.

El peso normal de cada vaca se estimó en base a:

$$\text{Peso Normal (N)} = A - (A - B) \exp^{-k T A^{-0.27}};$$

Donde, A = peso maduro (kg), B = el peso al nacer (kg), T = la edad del animal (meses), k = 0,35 para bovinos.

El consumo potencial para animales no lactantes se estimó como:

Consumo Potencial no lactantes (I, kg MS/día) = j A Z(1,7 - Z);

donde, j = 0,025 para vacas, Z (peso relativo) = N/A
y el de lactantes;

Consumo Potencial lactantes (I, kg MS/día) = j A Z(1,7 - Z) x m;

$$m = 1.0 + a T^{1.7} \exp^{-0.021T};$$

donde a = 0.0013 vacas de carne y T = tiempo desde el parto en días

El consumo relativo (F) integra el efecto de la cantidad de forraje sobre el consumo en pastoreo:

$$F = [1 - \exp(-aH)]x[1 - b \exp(-kH^2)];$$

Donde F = factor disponibilidad relativa,, a = 0,8 para vacunos, H = disponibilidad forraje, b = 0,6, k =0,5 para vacunos.

$$R = [1- H (0.8 - D) + 0.17 G];$$

donde, R = factor de corrección por calidad de la pastura, H = 1 para pasturas nativas y G = proporción de leguminosas en la pastura

Por lo tanto, el consumo de energía metabolizable (CE) por vaca por día se estimó como:

$$CE \text{ (Mcal EM/vaca/día)} = I * F * R * 1,96$$

Para transformar los kg MS a Mcal se multiplicó por 1,96.

2.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El efecto de la OF sobre la conducta en pastoreo se analizó en cada estación del año (Verano, Otoño e Invierno) dado que los cambios en el fotoperiodo, las condiciones climáticas (Figura N°1) y el estado fisiológico de las vacas (Cuadro N°1) determina que se trate de períodos diferentes. El grupo de vacas en cada parcela fue considerado como la unidad experimental.

El efecto de la OF sobre MF, MFV, ALT, PDR, NSP, NSP, CC y CE se estudió en base a modelos lineal de efectos mixtos, utilizando el procedimiento MIXED del software SAS (SAS 9.0V. SAS Institute, Cary, NC, USA) que incluyó los efectos de OF, bloque y su interacción como efectos fijos y la réplica como efecto aleatorio.

El efecto de la OF sobre el TP, DR y TC, NP, EA y TB se estudió en base a un modelo lineal de efectos mixtos, utilizando el procedimiento MIXED del software SAS (SAS 9.0V. SAS Institute, Cary, NC, USA) que incluyó los efectos de OF, bloque, turno y su interacción como efectos fijos y la réplica como efecto aleatorio.

La asociación entre variables que describen el comportamiento a escala diaria (Pastoreo, descanso y caminata), el patrón de conducta diario (número PDR, NST y NSP) y dentro de la sesión de pastoreo (NP, EA y TB), la estructura del forraje (MF, MFV y ALT), el CE y la CC para cada estación en base a el coeficiente de correlación de Pearson, procedimiento CORR (SAS 9.0V. SAS Institute, Cary, NC, USA). Mediante el método Stepwise se obtuvo un modelo de regresión que relacionó las variables de comportamiento con el CE para cada estación del año. Se utilizó como criterio de entrada de variables un valor de probabilidad de $P = 0,25$ y como criterio de salida $P = 0,1$.

El efecto bloque no resultó significativo sobre las variables de respuesta lo cual justificó su exclusión del modelo de análisis. Las medias de mínimos cuadrados se

compararon usando la prueba de Tukey - Kramer y las diferencias se consideraron significativas a $P \leq 0,05$.

3. RESULTADOS

3.1. LACTANCIA/VERANO

Durante LAC, la OF afectó la MF, MFV y ALT (Cuadro N°5). La MF y ALT de AO resultó 981 kg MS/ha y 1,5 cm (P= 0,009 y P= 0,001 para MF y ALT respectivamente) superior que la BO (Cuadro N°5).

Cuadro N°5. Efecto de la oferta de forraje sobre la masa total (kg MS/ha) verde (kg MS/ha) y altura del forraje (cm) durante Lactancia/Verano, Gestación temprana/Otoño y Gestación tardía/Invierno.

Alta (AO) y baja (BO) OF corresponde a 8 vs. 4 kg MS/kg PV respectivamente. Se presentan las medias de mínimos cuadrados, error estándar (se) y F-test; las diferencias se consideraron significativas a $P < 0,05$.

	AO	BO	Se	P-valor
Masa de forraje (kg MS/ha)				
Lactancia/Verano	3087	2106	55	0,009
Gestación temprana/Otoño	4041	1983	204	<,0001
Gestación tardía/Invierno	2155	1389	48	<,0001
Masa de forraje verde (kg MS/ha)				
Lactancia/Verano	2532	1580	40	<,0001
Gestación temprana/Otoño	3153	1385	159	0,001
Gestación tardía/Invierno	1700	1060	46	0,0006
Altura (cm)				
Lactancia/Verano	8,3	6,8	0,2	0,001
Gestación temprana/Otoño	9,8	6,5	0,5	<,0001
Gestación tardía/Invierno	4,5	3,1	0,1	<,0001

Por otra parte, el 70 y 82 por ciento de los registros de ALT se ubicaron entre 5 - 9 cm en AO y BO respectivamente, y no se encontraron sitios con ALT entre 0 - 4 cm. Una proporción inferior a 10 por ciento de los registros se ubicaron en la categoría superior a 15 cm (Figura N°4).

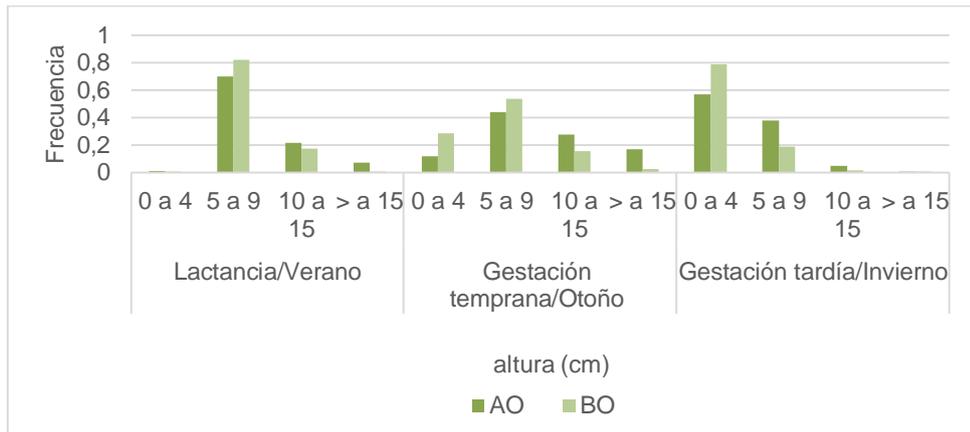


Figura N°4. Distribución de frecuencia de altura de forraje (ALT) en alta (AO) y baja (BO) oferta de forraje durante Lactancia/Verano, Gestación temprana/Otoño y Gestación tardía/Invierno. 8 vs. 4 kg MS/kg PV y 4 kg MS/kg PV para AO vs. BO, durante verano-otoño e invierno respectivamente

El 86 y 14 por ciento del pastoreo total ocurrió durante el día y noche respectivamente (Figura N°5). La mayor parte del DR ocurrió durante la noche (Figura N°5).

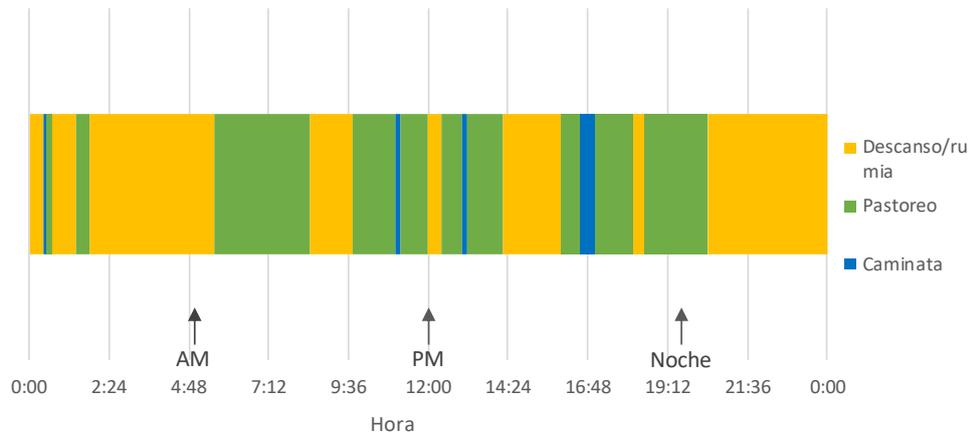


Figura N°5. Patrón temporal de pastoreo, descanso/rumia y caminata durante los turnos de pastoreo durante la lactancia/verano. AM: Inicio de turno AM. PM: Inicio de turno PM. Noche: Inicio de turno noche.

La OF no afectó el PDR (AO: 6,1 vs BO: 5,9 ± 0,4, número/día; P= 0,7), el NST (AO: 7 vs BO: 6,8 ± 0,4 sesiones de pastoreo/día, P= 0,8) y NSP (AO: 5 vs BO: 4,6 ± 0,2; P= 0,2).

El TP no se modificó entre OF y resultó un 5 por ciento superior (P< 0,001) en la sesión de PM con respecto a AM (Cuadro N°6).

Cuadro N°6. Efecto de la oferta de forraje (OF) y el turno de pastoreo sobre el tiempo diario de pastoreo, descanso/rumia y caminata durante la Lactancia/Verano. (Promedio de mínimos cuadrados, error estándar y F-test).

Alta (AO) y baja (BO) OF corresponde a 8 vs. 4 kg MS/kg PV respectivamente. AM: turno matutino de pastoreo, PM: turno vespertino de pastoreo, Noche: turno nocturno de pastoreo.

	OF		Turno			Se	P valor		
	AO	BO	AM	PM	Noche		OF	Turno	OF*turno
Tiempo de pastoreo (min/día)	685	654	278	292	93	18	0,21	<,0001	0,18
Tiempo de descanso/rumia (min/día)	698	729	122	161	440	26	0,21	<,0001	0,06
Tiempo de caminata (min/día)	23	24	19	24	9	8	0,9	<,0001	0,83

Las vacas de BO incrementaron el DR durante PM ($P < 0,001$). El 56 por ciento de la caminata registrada se llevó a cabo durante la tarde (Figura N°3, Cuadro N°6).

La OF, el turno de pastoreo y la interacción OF x turno de pastoreo no afectaron el NP ni la TB (Cuadro N°7).

Cuadro N°7. Efecto de la oferta de forraje (OF) y el turno de pastoreo sobre el número de parches por hora de pastoreo, estaciones de alimentación por hora de pastoreo y tasa de bocado durante Lactancia/verano.

Alta (AO) y baja (BO) OF corresponde a 8 vs. 4 kg MS/kg PV respectivamente. AM: turno matutino de pastoreo, PM: turno vespertino de pastoreo. Nro/h, número por hora. Boc/min, bocado por minuto. Se presentan las medias de mínimos cuadrados, error estándar y F-test.

	OF		Turno			P valor		
	AO	BO	AM	PM	Se	OF	turno	OF x turno
Parches (nro/h)	11	12	10	13	1	0,5	0,11	0,6
Estaciones de alimentación (nro/h)	247	328	255	319	19	0,004	0,02	0,4
Tasa de bocado (boc/min)	45	47	45	47	2	0,3	0,4	0,7

Las vacas de BO incrementaron un 32 por ciento las EA y no hubo efecto sobre la TB (Cuadro N°7). Durante el pastoreo de la tarde las EA aumentaron un 25 por ciento (P= 0,02) con respecto al turno matutino (Cuadro N°7).

Las vacas de AO mejoraron un 15 por ciento el consumo de energía con respecto a las de BO (AO: 16,4 vs BO: 14,2 ± 0,91 Mcal EM/vaca/ día P= 0,04), no obstante, la OF no modificó la CC (AO: 3,89 vs BO: 3,74 ± 0,09; P= 0,18).

Se encontró una asociación positiva entre la MF, MFV y la ALT de forraje con el CE y del CE con la CC de las vacas (Figura N°6).

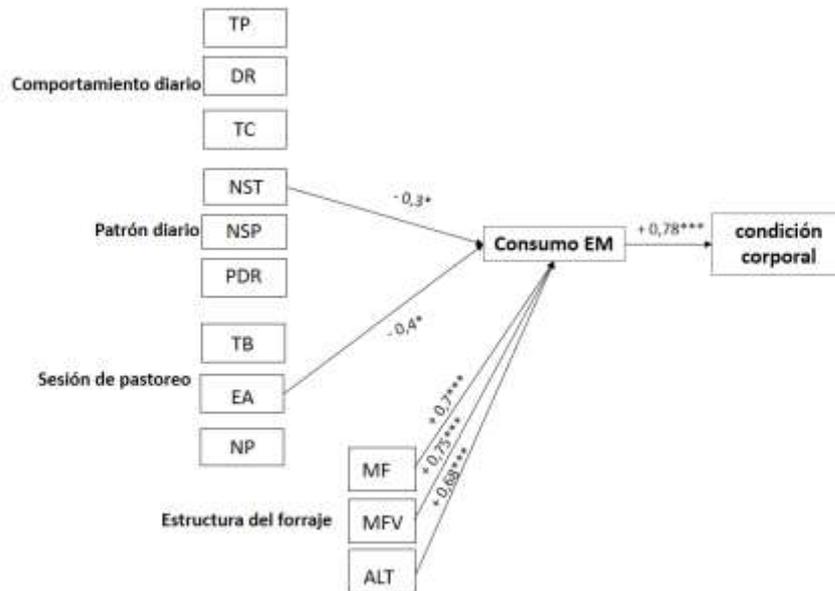


Figura N°6. Correlaciones simples entre el comportamiento diario (tiempo de pastoreo (TP), descanso-rumia (DR) y caminata (TC)), comportamiento diario (número de veces que las vacas alternaron el pastoreo con descanso/rumia por día (PDR), el número total (NST) y de las principales (NSP) sesiones de pastoreo), en la sesión de pastoreo (tasa de bocado (TB), estaciones de alimentación (EA) y número de parches (NP)), estructura del forraje (masa de forraje (MF), verde (MFV) y altura (ALT)), CE y condición corporal de la vaca durante la lactancia. Flechas indican correlación entre variables y los valores sobre las flechas es el coeficiente de correlación de Pearson. Asteriscos indican nivel de significancia para $R \neq 0$ (*: $0,1 > p \geq 0,05$; **: $0,05 > p \geq 0,01$ y *** $p < 0,01$).

No se encontró asociación entre variables que describen el comportamiento a escala diaria (TP, PDR y TC) con el CE. El NST y las EA estuvieron asociadas negativamente con el CE (Figura N°6).

El modelo Stepwise ($r^2 = 0,28$; $P = 0,0023$) encontró que el TP y TC se asociaron de forma positiva al CE, mientras que el número de EA se asociaron de forma negativa al CE (Cuadro N°8).

Cuadro N°8. Parámetros estimados, error estándar y probabilidad para la asociación del consumo de energía con el tiempo de pastoreo, tiempo de caminata y estaciones de alimentación por hora de pastoreo.

	Estimado	Error estándar	Prob> t
Intercepto	3,452	1,11	0,05
Tiempo de pastoreo	0,018	0,001	0,0008
Tiempo de caminata	0,029	0,003	0,0037
Estaciones de alimentación	-0,004	0,001	0,0365

3.2. GESTACIÓN TEMPRANA/OTOÑO

La OF afectó la MF, MFV y ALT (Cuadro N°5). Las diferencias en MF y ALT del forraje resultaron 2058 kg MS/ha (4041 vs 1983 kg MS/ha, $P < 0,0001$) y 3,3 cm (9,8 vs 6,5 cm, $P < 0,0001$) superiores en AO comparado con BO respectivamente (Cuadro N°5). Desde LAC a GTE en AO se incrementó la cantidad de forraje, lo cual, no ocurrió en BO, mientras que hacia la GTA en ambas OF se redujo (Cuadro N°5). El 43 y 52 por ciento de los registros de ALT en BO y AO respectivamente se concentraron entre 5 - 9 cm, no obstante, a diferencia de lo encontrado en LAC, en AO casi el 50 por ciento de los sitios se ubicó en ALT superiores a 10 cm (Figura N°4).

El pastoreo resultó mayoritariamente diurno y se incrementó en PM (Figura N°7) y la mayoría de DR se llevó a cabo durante la noche (Figura N°7). En AO aumentó el PDR (AO: 5,4 vs BO: $4,6 \pm 0,27$, número/día $P = 0,04$), el NST (AO: 6,2 vs BO: $5,2 \pm 0,24$, sesiones de pastoreo/día $P = 0,006$) mientras que no se modificaron las NSP (AO: 3,5 vs BO: $3,3 \pm 0,25$, sesiones de pastoreo/día $P = 0,42$).

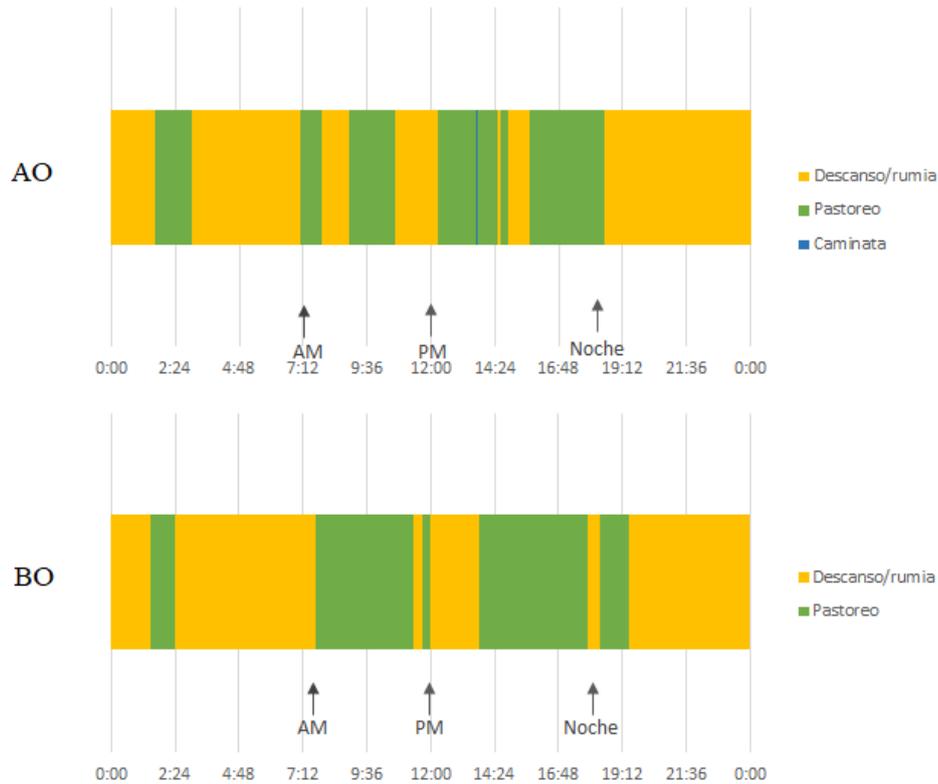


Figura N°7. Patrón temporal de pastoreo, descanso/rumia y caminata durante turnos de pastoreo diarios en alta (AO) y baja (BO) oferta de forraje durante gestación temprana/Otoño. AM: Inicio de turno AM. PM: Inicio de turno PM. Noche: Inicio de turno noche.

La OF y su interacción con el turno no afectaron el TP y DR, no obstante, ambos indicadores se modificaron entre turnos (Cuadro N°9). El TP fue mayor PM mientras que el DR fue mayor en la noche. Las vacas de BO incrementaron la caminata (Cuadro N°9), que resultó inferior a la registrada durante LAC y no fue afectada por el turno ni por la interacción OF x turno.

Cuadro N°9. Efecto de la oferta de forraje (OF) y el turno de pastoreo sobre el tiempo diario de pastoreo, descanso/rumia y caminata en minutos durante Gestación temprana/Otoño.

Alta (AO) y baja (BO) OF corresponde a 8 vs. 4 kg MS/kg PV respectivamente. AM: turno matutino de pastoreo, PM: turno vespertino de pastoreo, Noche: turno nocturno de pastoreo. Se presentan las medias de mínimos cuadrados, error estándar y F-test

	OF		Turno				Se	P valor		
	AO	BO	AM	PM	Noche	OF		Turno	OF x turno	
Tiempo de pastoreo (min/día)	632	621	176	276	175	6	0,54	<.0001	0,16	
Tiempo de descanso/rumia (min/día)	806	809	92	81	633	6	0,85	<.0001	0,13	
Tiempo de caminata (min/día)	1	10	1	3	1	1	0,04	0,27	0,31	

El NP se modificó con la interacción OF x turno (Cuadro N°10). Las vacas de BO tuvieron mayor NP en AM (AO: 12 vs BO: 19 ± 3 parches/hora; P= 0,1) mientras que en PM tuvieron menos (AO: 21 vs BO: 13 ± 3 parches/hora; P= 0,07). Las vacas pastoreando BO incrementaron un 13 y 18 por ciento la TB y las EA respectivamente (Cuadro N°10).

Cuadro N°10. Efecto de la oferta de forraje (OF) y el turno de pastoreo sobre el número de parches, estaciones de alimentación y tasa de bocado durante Gestación temprana/Otoño.

Alta (AO) y baja (BO) OF corresponde a 8 vs. 4 kg MS/kg PV respectivamente. AM: turno matutino de pastoreo, PM: turno vespertino de pastoreo. Nro/h, número por hora. Boc/min, bocado por minuto. Se presentan las medias de mínimos cuadrados, error estándar y F-test.

	OF		Turno			P valor		
	AO	BO	AM	PM	Se	OF	Turno	OF*turno
Parches (nro/h)	17	16	15	17	2	0,8	0,6	0,02
Estaciones de alimentación (nro/h)	205	243	236	212	36	0,02	0,1	0,7
Tasa de bocado (boc/min)	47	53	50	49	1,9	0,02	0,6	0,3

La estimación del CE en AO fue mayor que en BO (AO: 18,1 vs BO:15,1 \pm 0,36 Mcal EM/vaca/ día; P= 0,0004) y se asoció positivamente con el NST y el PDR (Figura N°8). La OF no afectó la CC (AO: 4,02 vs BO: 3,81 \pm 0,098; P= 0,19).

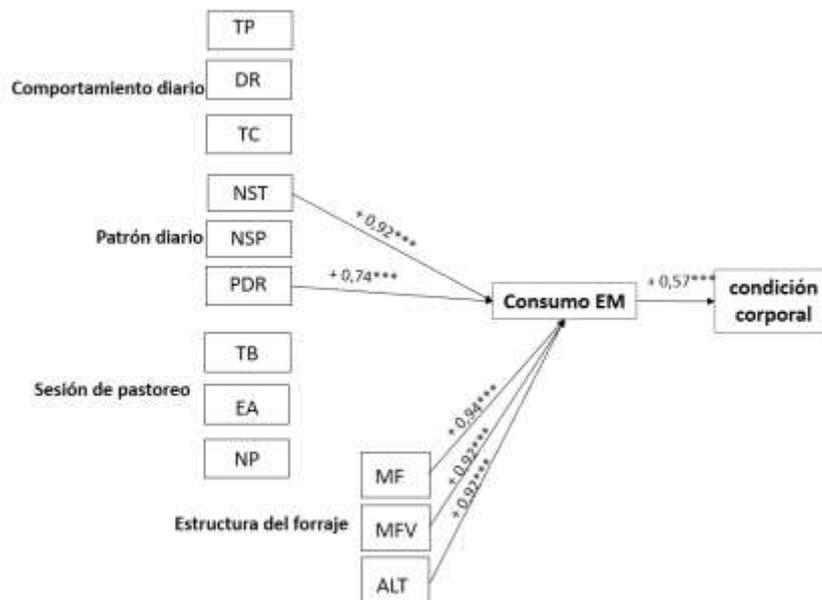


Figura N°8. Correlaciones simples entre el comportamiento diario (tiempo de pastoreo (TP), descanso-rumia (DR) y caminata (TC)), comportamiento diario (número de veces que las vacas alternaron entre el pastoreo y descanso/rumia por día (PDR), el número total (NST) y de las principales (NSP) sesiones de pastoreo), en la sesión de pastoreo (tasa de bocado (TB), estaciones de alimentación (EA) y número de parches (NP)), estructura del forraje (masa de forraje (MF), verde (MFV) y altura (ALT)), CE y condición corporal de la vaca durante gestación temprana/Otoño. Flechas indican correlación entre variables y los valores sobre las flechas es el coeficiente de correlación de Pearson. Asteriscos indican nivel de significancia para $R \neq 0$ (*: $0,1 > p \geq 0,05$; **: $0,05 > p \geq 0,01$ y *** $p < 0,01$).

Con el aumento del TP se redujo la caminata (-0,63, $P= 0,05$). Un incremento en la TB se asoció negativamente con el TC (-0,98, $P= 0,02$), mientras que las EA se asociaron negativamente al PDR (-0,56, $P= 0,03$).

El modelo Stepwise ($r^2 = 0,439$; $P < 0,001$) encontró que el CE se asoció positivamente a PDR (Cuadro N°11).

Cuadro N°11. Parámetros estimados, error estándar y probabilidad para la asociación del consumo de energía con el número de veces que alterna entre pastoreo-descanso/rumia (PDR).

	Estimado	Error estándar	Prob> t
Intercepto	5,688	2,378	0,0240
PDR	2,227	0,465	<,0001

3.3. GESTACIÓN TARDÍA/INVIERNO

La OF afectó la MF, MFV y ALT (Cuadro N°5). La MF y ALT del forraje resultaron 766 kg MS/ha ($P<,0001$) y 1,4 cm ($P<,0001$) superiores en AO (Cuadro N°5). En ambos tratamientos la frecuencia de ALT se concentró mayoritariamente en los estratos de 0 – 4 cm, pero en AO con una menor proporción que BO. Mientras que en el estrato de 5 - 9 cm AO presentó mayor proporción que BO (Figura N°4).

La secuencia PDR (AO: 4,9 vs BO: $4,4 \pm 0,4$ número/día, $P= 0,34$), el NST (AO: 5 vs BO: $5,1 \pm 0,4$ sesiones/día, $P= 0,76$) y NSP (AO: 3,2 vs BO: $3,2 \pm 0,2$ sesiones/día, $P= 0,9$) no se afectó por la OF (Figura N°9).

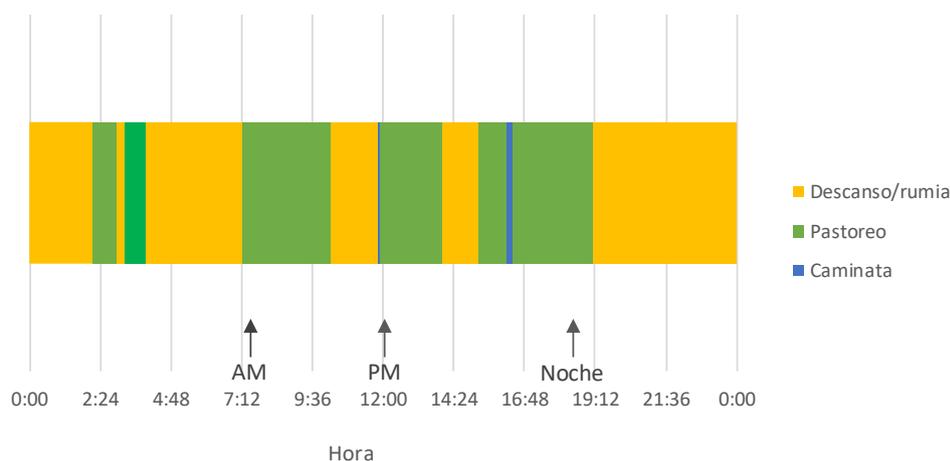


Figura N°9. Patrón temporal de pastoreo, descanso/rumia y caminata durante los turnos de pastoreo durante Gestación tardía/Invierno. AM: Inicio de turno AM. PM: Inicio de turno PM. Noche: Inicio de turno noche.

Las sesiones de pastoreo fueron intercaladas con el DR que se llevó a cabo antes y después del mediodía y durante la noche, se registraron dos eventos muy cortos de pastoreo. Al igual que durante LAC, la caminata se llevó a cabo mayoritariamente durante la sesión de pastoreo en PM (Figura N°9).

La OF e interacción OF x turno de pastoreo no afectaron el TP y DR (Cuadro N°12).

Cuadro N°12. Efecto de la oferta de forraje (OF) y el turno de pastoreo sobre el tiempo diario de pastoreo, descanso/rumia y caminata en minutos durante Gestación tardía/Invierno.

Alta (AO) y baja (BO) OF corresponde a 4 kg MS/kg PV. AM: turno matutino de pastoreo, PM: turno vespertino de pastoreo, Noche: turno nocturno de pastoreo. Se presentan las medias de mínimos cuadrados, error estándar y F-test

	OF		Turno				Se	P valor		
	AO	BO	AM	PM	Noche	OF		Turno	OF*turno	
Tiempo de pastoreo (min/día)	668	618	204	253	185	15	0,25	<,0001	0,37	
Tiempo de descanso/rumia (min/día)	809	814	66	100	627	32	0,9	<,0001	0,26	
Tiempo de caminata (min/día)	5	24	4	10	2	11	0,03	0,1	0,23	

Durante la sesión PM el TP fue 49 minutos mayor. El TC fue afectado por la OF dado que las vacas de BO caminaron más que las de AO (Cuadro N°12). Al igual que el TP el TC tendió a ser superior durante la sesión PM.

Las vacas de BO tuvieron 30 por ciento más TB respecto a las vacas AO (Cuadro N°13) mientras que las EA no fueron afectadas por la OF, turno y OF x turno (Cuadro N°13).

Cuadro N°13. Efecto de la oferta de forraje (OF) y el turno de pastoreo sobre el número de estaciones de alimentación y tasa de bocado durante Gestación tardía/Invierno.

Alta (AO) y baja (BO) OF corresponde a 4 kg MS/kg PV. AM: turno matutino de pastoreo, PM: turno vespertino de pastoreo. Boc/min, bocado por minuto. Nro/h, número por hora. Se presentan las medias de mínimos cuadrados, error estándar y F-test

	OF		Turno			P valor		
	AO	BO	AM	PM	Se	OF	Turno	OF*turno
Estaciones de alimentación (nro/h)	283	283	295	270	21	0,9	0,2	0,14
Tasa de bocado (boc/min)	43	56	49	50	4	0,05	0,9	0,6

El CE y la CC no resultaron afectados por la OF (AO: 15,9 vs BO: 14,9 ± 1,29 Mcal EM/vaca/ día; P= 0,3 y AO: 3,7 vs BO: 3,77 ± 10,12 Mcal EM/vaca/ día; P= 0,56 para CE y CC respetivamente).

Las EA se asociaron positivamente al NST (+0,8, P= 0,03) (Figura N°10). A escala diaria, el NSP se asoció positivamente al DR (+0,54, P= 0,03). El TP y DR se asociaron negativamente (-0,95, P< 0,001). El NSP se asoció positivamente al PDR (+0,87, P< 0,001) (Figura N°10).

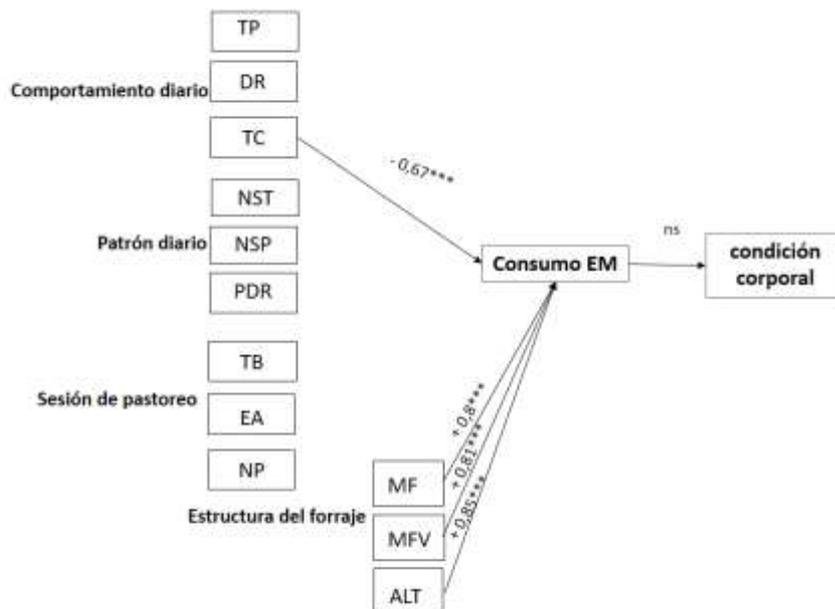


Figura N°10. Correlaciones simples entre el comportamiento diario (tiempo de pastoreo (TP), descanso-rumia (DR) y caminata (TC)), comportamiento diario (número de veces que las vacas alternaron entre pastoreo y descanso/rumia por día (PDR), el número total (NST) y de las principales (NSP) sesiones de pastoreo), en la sesión de pastoreo (tasa de bocado (TB), estaciones de alimentación (EA) y número de parches (NP)), estructura del forraje (masa de forraje (MF), verde (MFV) y altura (ALT)), CE y condición corporal de la vaca durante gestación tardía/Invierno. Flechas indican correlación entre variables y los valores sobre las flechas es el coeficiente de correlación de Pearson. Asteriscos indican nivel de significancia para $R \neq 0$ (*: $0,1 > p \geq 0,05$; **: $0,05 > p \geq 0,01$ y *** $p < 0,01$).

El modelo Stepwise ($r^2 = 0,411$; $P = 0,008$) encontró que el TC se asoció de forma negativa al CE (Cuadro N°14).

Cuadro N°14. Parámetros estimados, error estándar y probabilidad para la asociación del consumo de energía con el tiempo diario de caminata.

	Estimado	Error estándar	Prob> t
Intercepto	15,91	0,424	<,0001
Tiempo de caminata	-0,035	0,011	0,0080

4. DISCUSIÓN

El presente trabajo permitió identificar y describir la conducta de vacas de cría a diversas escalas ante cambios en la OF y la etapa fisiológica, lo cual permite hipotetizar sobre las relaciones entre la conducta a escala diaria y en la sesión de pastoreo con el consumo de energía de vacas de cría. No conocemos trabajos en la región que estudien el comportamiento de vacas de cría en las escalas estudiadas. El estudio se ubicó en el modelo de investigación del grupo de Ecología del pastoreo de Facultad de Agronomía, Udelar, que a largo plazo busca comprender los cambios en la producción por unidad de superficie y en la eficiencia de uso de la energía que provocan los incrementos en la OF en campo natural (Claramunt et al., 2018, Do Carmo, 2014, Laporta et al., 2014, Soca et al., 2013, Scarlato, 2011). En este marco, no se disponía de información experimental que durante la lactancia y gestación relacionara la estructura de la pastura y conducta en pastoreo a varias escalas de tiempo, lo cual, contribuye a mejorar la comprensión sobre un proceso básico que controla el balance y consumo de energía como el pastoreo en campo natural.

En base a los resultados obtenidos (Ver resumen, Cuadro N°15), las hipótesis no se rechazaron. Si bien, el tiempo de pastoreo y descanso/rumia no fue modificado por la OF, el aumento de la OF provocó cambios en la conducta a escala diaria y a escala de sesión de pastoreo, posiblemente dependiendo del estado fisiológico de las vacas y de la estructura de la pastura. Modificaciones en la conducta animal, por el efecto de la OF, afectaron la estimación del consumo de energía. Parecería ser que el uso de los sitios a distintas escalas y las compensaciones del consumo de energía, podrían no ser tan dependientes unas de otras como es reportado hasta ahora (Bailey et al., 1996).

Cuadro N°15. Resumen de los resultados obtenidos para el efecto de la oferta de forraje (OF) sobre las variables del forraje y del comportamiento animal según los períodos evaluados.

Período	Variables afectadas por la OF	Variables no afectadas por la OF
Lactancia	Estructura de la pastura Estaciones de alimentación Consumo de energía	Sesiones de pastoreo Tiempo de pastoreo Tiempo de descanso/rumia Condición corporal
Gestación temprana	Estructura de la pastura Número de sesiones totales de pastoreo Secuencia pastoreo-descanso/rumia Tiempo de caminata Estaciones de alimentación Tasa de bocado Consumo de energía	Tiempo de pastoreo Tiempo de descanso/rumia Número de parches Condición corporal
Gestación tardía	Estructura de la pastura Tiempo de caminata Tasa de bocado	Sesiones de pastoreo Tiempo de pastoreo Tiempo de descanso/rumia Número de parches Estaciones de alimentación Tasa de bocado Consumo de energía Condición corporal

El incremento en la OF de 5 a 8 kg MS/kg PV promedio anual y su variación estacional permitió mayores niveles de masa de forraje, masa de forraje verde y altura en los tres períodos de estudio. Esto resultó coincidente con antecedentes nacionales y en la región donde mayores niveles de OF de campo natural aumentan la masa de forraje, altura y la distribución de la materia seca (Do Carmo et al., 2016; Neves et al., 2009). Las diferencias en los atributos de la pastura para cada período, reflejan el diseño de cambio en la OF entre estaciones propuesto, que tuvo como objetivo incrementar la masa de forraje en la estación de crecimiento (primavera-verano) mediante mayores valores de OF en primavera para producir más forraje y utilizarlo en otoño e invierno. La alta utilización invernal propuesta previo a

lactancia, provocó que en dicho período las diferencias en la estructura del forraje y en la distribución de la altura sean similares entre tratamientos. La masa, altura y frecuencia de sitios con mayores alturas de forraje se incrementó en AO comparado con BO en gestación temprana. El aumento en la masa de forraje ocurrió en conjunto con un aumento en la heterogeneidad de altura, que pudo ser explicado por un uso más intenso de algunas áreas del potrero y menor uso de otras como ha sido reportado para Campos (Da Trindade et al., 2012, Neves et al., 2009). En gestación tardía los niveles de OF objetivo fueron iguales entre tratamientos y más bajos con respecto a lactancia y gestación temprana, lo cual, forzaría a que se incremente el consumo del forraje acumulado previamente con superiores niveles de carga animal en el tratamiento de alta OF. Esto explicaría por qué las diferencias entre tratamientos fueron menores y la frecuencia de sitios bajos tendió a ser mayor en los estratos de menor altura. Por lo tanto, mediante el manejo de la OF entre tratamientos y entre estaciones fue posible manipular temporalmente la estructura de la pastura, resultado en acuerdo con lo reportado por Claramunt et al. (2018) y Do Carmo et al. (2018), no obstante, en el presente experimento fueron utilizadas OF mayores.

El tiempo de pastoreo diario de 646 ± 13 minutos/día promedio para todos los períodos y tratamientos, resultó inferior a los 738 ± 27 minutos/día registrado en el mismo sitio experimental (Scarlatto, 2011). El efecto de los mayores niveles de OF y mayor estructura de la pastura (ej. Masa de forraje y altura) sobre el tiempo de pastoreo de los bovinos explicarían esta reducción (Scarlatto 2011; Da Trindade et al., 2012), ya que la masa de forraje y altura fueron superiores en el presente estudio comparado con lo reportado por Scarlatto (2011) (MF de 1438 vs 1826 kg MS/ha para BO y AO). Estos resultados permitieron concluir que la hipótesis manejada en este diseño experimental, sobre que el aumento de la OF incrementaría la masa de forraje y altura y mejoraría las condiciones de pastoreo no fue rechazada (Claramunt et al., 2018 y Do Carmo et al., 2018). El incremento en la OF de 5 a 8 kg MS/kg PV en promedio anual para baja y alta oferta respectivamente, se asoció con mejoras de cantidad y altura de forraje en todas las estaciones. No obstante, los valores en BO podrían no haber operado como limitantes de la tasa de consumo (Hodgson, 1990) lo

cual podría explicar que una reducción en la altura como la que operó entre AO y BO no se viera reflejada en un incremento en el tiempo diario de pastoreo, como observaron Trindade et al., (2012) y Scarlato (2011).

En el presente estudio y en Scarlato (2011), los valores registrados de tiempo de pastoreo son superiores a lo reportado por Da Trindade et al., (2012) en terneras pastoreando similares estructuras de forraje (masa y altura de forraje). Los estados fisiológicos demandantes de energía como lactancia y gestación tardía en conjunto con mayor peso vivo incrementarían el tiempo de pastoreo diario para cubrir los requerimientos de energía, y explicarían el mayor tiempo de pastoreo comparado con Da Trindade et al., (2012). En este sentido se observó que el estado fisiológico de las vacas explicaría el mayor tiempo de pastoreo y tiempo de caminata en lactancia con respecto a gestación temprana y tardía. El desplazamiento del ganado en el pastoreo, incluye la búsqueda de sitios, parches y estaciones de alimentación donde para su elección integran en forma simultánea la cantidad, calidad del forraje, los requerimientos de energía y los factores bióticos que afectan la distribución de pastoreo (Bailey et al., 1996). Además, el período de lactancia coincide con el verano donde los días son más largos, y podría contribuir a explicar el mayor tiempo de pastoreo diario dado que existen mejores condiciones para la búsqueda y selección del forraje que durante la noche (Linnane et al., 2001). Durante gestación tardía, se redujo el número de las sesiones de pastoreo, lo cual, coincide con experimentos llevados a cabo con vacas lecheras durante días cortos (Gregorini et al., 2006). Durante dicho período se registraron las sesiones de pastoreo nocturnos más largas, pudiendo ser explicadas por la menor duración del día y la menor cantidad de forraje lo que llevaría a intentar compensar la ingesta diaria durante la noche.

En gestación temprana y tardía el mayor tiempo de caminata diario se podría explicar por la superior necesidad de desplazamiento en la búsqueda de cantidad y/o calidad de forraje (Gibb, 2006; Vanzant et al., 1991). Durante gestación tardía las vacas de BO aumentaron el tiempo de caminata diario, lo cual, podría explicarse mediante un cambio en la estrategia de búsqueda de sitios con mejores oportunidades de ingestión cuando se redujo la altura del forraje (Baumont et al., 2000). En acuerdo

a lo propuesto por Baumont et al. (2000), la vacas en BO en gestación temprana y tardía tuvieron mayor tasa de bocado lo que sugeriría que la ingestión podría haber sido menor en BO. El incremento en el desplazamiento podría involucrar movimientos entre sitios de pastoreo, así como el direccionamiento a fuentes de agua y sombra desde los sitios seleccionados para el pastoreo, reflejando cambios en las decisiones tomadas por las vacas que intentan compensar la reducción en la altura de forraje (Bailey et al. 1996). Dicha tendencia se reafirma con el incremento en el tiempo de caminata, de manera similar a lo encontrado para vacunos en crecimiento pastoreando Campos, que reporta una asociación positiva entre pastoreo y desplazamiento (Da Trindade et al., 2012).

El patrón de pastoreo fue principalmente diurno, el $76 \pm 1\%$ del pastoreo ocurrió durante las horas del día, mientras que el $24 \pm 1\%$ tuvo lugar durante la noche, lo cual coincide con lo reportado para vacunos en pastoreo (Gibb et al., 1998, Larson-Praplan et al., 2015) y vacas de cría en pastoreo de campo natural (Scarlato, 2011) donde el $77 \pm 2\%$ y $23 \pm 2\%$ del pastoreo ocurrió durante el día y la noche respectivamente. El mayor número de sesiones de pastoreo y número de veces que alteraran entre pastoreo y descanso/rumia de vacas de AO comparado con BO en gestación temprana, podría ser explicado por los elevados niveles de masa y altura del forraje registrados en dicha estación. La mayor masa y altura del forraje, y los cambios en la estructura asociados, estarían motivando a los animales de AO a rumiar de forma más frecuente (Jamieson y Hodgson, 1979) e incrementar el número de veces que intercalan pastoreo-descanso/rumia y el número de sesiones totales de pastoreo. La estructura de la pastura habría resultado en bocados de mayor masa con mayor necesidad de rumia (Chilibroste et al., 2000).

Se encontró efecto de interacción OF por turno sobre el número de parches en gestación temprana. Además, el número de parches fue mayor en gestación temprana que en lactancia por lo que el número de parches por hora de pastoreo podría ser una respuesta a la heterogeneidad de la estructura de la pastura como se observa en las clases de altura en gestación temprana y a los menores requerimientos de energía de las vacas. El mayor número de parches por hora de pastoreo durante AM en BO

estaría asociado a una mayor búsqueda de parches con mayor cantidad de forraje, ya que el 30% del área presentaba alturas entre 0-4 cm que podrían restringir fuertemente el consumo (Da Trindade et al., 2016). Por otro lado, vacas de AO tuvieron más número de parches en PM, sesión donde buscan incrementar la tasa de consumo de forraje (Gibb 2006; Gregorini et al., 2006). Los cambios en el número de parches y estaciones de alimentación por hora de pastoreo podrían evidenciar el cambio en la estrategia de pastoreo mediante la selección de los mejores parches, desplazándose hacia los de mayor valor nutritivo (Laca, 2009) y seleccionando las especies de mayor valor nutritivo dentro de cada parche, lo que produjo el aumento en el número de estaciones de alimentación. Se podría hipotetizar que en gestación temprana se alcanzó el umbral donde las vacas estarían realizando el “trade off” ingestión-digestión.

A escala de sesión de pastoreo y tal como lo planteado en la hipótesis, las vacas de AO redujeron el número de estaciones de alimentación durante lactancia y gestación temprana. El número de estaciones de alimentación por hora de pastoreo es función del tiempo de búsqueda entre estaciones, la tasa de bocado dentro de la estación de alimentación y tiempo de permanencia en cada una de ellas (Stuth, 1991). En Campos con animales de recría, el tiempo por estación de alimentación no se modificó en un rango amplio de estructuras (de 3,6 a 7,3 cm y de 3,2 a 8,6 cm de altura del forraje para invierno y verano respectivamente), mientras que los pasos entre estaciones de alimentación y el tiempo por bocado fueron mayores con mayor masa de forraje y altura (Mezzalira et al., 2013). Por lo tanto, el menor número de estaciones de alimentación en AO podría estar indicando mayor tiempo por cada bocado y número de pasos entre estaciones de alimentación, situación que ocurrió en gestación temprana donde se redujo el número de estaciones de alimentación y aumentó la tasa de bocados, posiblemente por mayor masa de bocado. Se ha reportado que el tiempo de masticación necesarios para ingerir bocados de alta masa se solapa con la búsqueda del próximo bocado (Mezzalira et al., 2013, Laca et al., 1994) por lo que las vacas en AO dedican más tiempo a búsqueda de EA comparado con vacas de BO.

Con similar TP, las vacas de BO presentaron una estrategia de pastoreo diferente a escala de estaciones de alimentación, ya que la menor masa y altura del forraje reducirían la masa de los potenciales bocados y la búsqueda entre estaciones de alimentación. La estrategia adoptada por las vacas de BO al seleccionar un mayor número de estaciones de alimentación, las llevaría a reducir la selectividad dentro de estaciones de alimentación e incrementar el encuentro de estaciones de alimentación. Esta estrategia explicaría el mayor número de estaciones de alimentación por hora de pastoreo asociado a aumentos de la caminata, fenómeno que optimizaría el tiempo de ingestión a expensas de la calidad de la dieta (Mezzalira et al., 2013). No obstante, dicho cambio se asoció con una reducción del consumo de energía en lactancia y gestación temprana.

Los valores promedio de tasa de bocado resultaron similares a los obtenidos con vacunos en crecimiento pastoreando campo natural (42 vs 54 bocados/min bajo pastoreo de 4 y 7 cm de altura respectivamente, $P= 0,015$; Mezzalira et al., 2013). Esta variable reflejaría la tasa de ingestión que están logrando las vacas a escala de estaciones de alimentación y parches como es presentado en el modelo de Bailey et al., (1996). La tasa de ingestión es modificada principalmente por la altura (Laca, 2009) como ha sido reportado para Campos (Goncalves, 2007). Alturas de forraje bajas reducen la masa del bocado ingerido y como respuesta las vacas incrementan la TB. Es posible que vacas de BO en lactancia con una estructura de la pastura que pudo no ser limitante, lograron seleccionar estaciones de alimentación y parches que les permitieron tener una tasa de bocado similar a las vacas de AO. Además, la pastura en lactancia estaba en fase de crecimiento luego del invierno, por lo que se podría especular que la estructura presentó menor densidad, altura de pseudo tallos y fuerza de tensión de la hoja y permitiera a las vacas en BO lograr similar tasa de bocado que AO. La masa del bocado y tasa de bocado son modificadas por la densidad del forraje, altura del pseudo tallo, especie, porcentaje de materia seca y la fuerza de tensión de la hoja (Benvenuti et al., 2006, Chilibroste et al., 2000, Laca et al., 1994, Parsons et al., 1994). En gestación temprana y tardía es posible que vacas en BO pastorean en estaciones de alimentación y parches con menor altura y la

estructura de la pastura presente mayor densidad, altura de pseudo tallos y fuerza de tensión de la hoja que resulten en bocado de menor masa y como respuesta se incrementó la tasa de bocado.

Los niveles de masa, masa de forraje verde y altura en lactancia y gestación temprana pudieron no limitar la tasa de consumo y el consumo de energía ya que se reportó que valores de entre 1400 y 2200 kg MS/ha y alturas entre 9 y 13 cm optimizarían el consumo de forraje de bovinos de recría en primavera y verano (Da Trindade et al., 2012), equivalente a nuestros períodos de lactancia y gestación temprana. Los niveles de masa y altura del forraje en gestación tardía fueron inferiores a dicho umbral y en una estación de menor crecimiento de forraje que podría ser más restrictivo al consumo de energía en BO. Experimentos llevados a cabo en Brasil y en Uruguay, confirman que el consumo de energía de vacunos en pasturas heterogéneas integra aspectos de cantidad y estructura de forraje que determinan la selectividad y el patrón de pastoreo diario (Da Trindade et al., 2016, Da Trindade et al., 2012, Scarlato 2011). Dichas relaciones contribuyen a explicar los cambios en el consumo de energía y en el comportamiento en pastoreo encontradas, ya que el consumo de energía estimado fue mayor en los momentos con mayor diferencia en la estructura de la pastura. De hecho, el modelo de estimación del consumo de energía utilizado es sensible a la estructura de la pastura (CSIRO, 1990). Además, el consumo de energía se asoció a variables de la conducta estudiadas, pero difirió según el momento fisiológico, posiblemente asociado a cambios en los atributos del forraje, así como en los requerimientos de las vacas y su estado interno.

La OF alta evaluada provocó diferencias en el consumo de energía durante lactancia y gestación temprana, pero no en gestación tardía, lo cual resulto parcialmente similar a lo reportado por Do Carmo et al., (2016). Do Carmo et al. (2016) en OF de 3 vs 5 kg MS/kg PV encontraron que el consumo de energía estimado por los requerimientos de energía neta promedio, resultaron mayores en OF de 5 kg MS/kg PV comparado con BO ($P < 0,01$).

El número de sesiones totales de pastoreo y las estaciones de alimentación tendieron a estar asociadas negativamente con el consumo de energía en lactancia. El mayor número de estaciones de alimentación pudo ser en respuesta al pastoreo en los estratos con menor altura del forraje como fue discutido anteriormente (Baumont et al., 2000). Además, no se registraron cambios en el tiempo de pastoreo diario como mecanismo de compensación a lo que ocurre a escala de bocados y estaciones de alimentación como ha sido reportado (Goncalves, 2007), por lo que afectaría directamente el consumo de energía. Para la asociación consumo de energía con número de sesiones totales de pastoreo no tenemos una hipótesis.

Durante gestación temprana, el número de sesiones totales de pastoreo y la alternancia pastoreo-descanso/rumia se asociaron al consumo de energía. Es posible que en este período el número de sesiones totales de pastoreo y la alternancia pastoreo –descanso/rumia integren la respuesta a escala diaria (tiempo de caminata) y en la sesión de pastoreo (estaciones de alimentación y tasa de bocado), y estén asociadas al consumo de energía. Una estructura de menor altura como la registrada en BO durante gestación temprana, resulta en una mayor tasa de bocado, número de estaciones de alimentación y tiempo de caminata, y la necesidad de sesiones de alimentación más prolongadas para lograr cubrir los requerimientos (Da Trindade et al., 2012)

Durante gestación tardía, al igualarse la OF, la diferencia en masa, masa de forraje y altura entre tratamientos se explicaría por los cambios generados en la estructura del forraje en los períodos previos. Frente a dichas diferencias en la estructura de la pastura, las vacas de AO muestran menor tiempo de caminata diario y tasa de bocado, no obstante, a diferencia del resto de las estaciones, no se modificó el consumo de energía. Si bien no se observaron cambios a nivel de consumo de energía, las vacas que tuvieron mayor tiempo de caminata habrían logrado menor consumo de energía. Las vacas de BO podrían haber gastado más energía al caminar más, realizar un mayor número de estaciones de alimentación por hora de pastoreo y aumentar la tasa de bocado durante gestación temprana y tardía. Según Di Marco y Aello (2001), la tasa de bocado es el componente de la actividad de pastoreo de mayor costo energético. La mayor tasa de bocado de las vacas de BO durante

gestación tardía (56 ± 4 bocados/min) explicaría un mayor gasto de energía en BO comparado con AO, reportado por Gómez (2019) ($0,278$ vs $0,306$ ml/latidos por kg $PV^{0.75}$; $P = 0,02$ para AO y BO respectivamente).

Las vacas de BO, dejaron en evidencia el alto costo de la selección de las estaciones de alimentación (Mezzalana et al., 2013) por lo cual, redujeron la selectividad y ocuparon todos los sitios. Este fenómeno optimizaría el tiempo de recolección a expensas de una reducción en la calidad de la dieta, si bien no les permitió compensar el consumo de energía en lactancia y gestación temprana, si pudieron lograr una performance similar a las vacas de AO. Es posible que las modificaciones en las tácticas de pastoreo en baja oferta de forraje permitieran compensar las limitantes impuestas por la estructura de la pastura logrando una condición corporal similar a las vacas de alta oferta de forraje durante todo el período evaluado.

La selectividad podría ser el resultado de conductas diferenciales en escalas de alimentación separadas y puede acumularse a través de las escalas de alimentación (Wallis De Vries et al., 1999). Esta situación podría explicar la estrategia empleada en BO donde las vacas ajustaron sus estrategias de pastoreo procurando mantener la eficiencia de cosecha. Dicha estrategia involucra el incremento en la búsqueda de forraje de las vacas de BO, reflejada en el mayor tiempo dedicado a la caminata y una menor búsqueda a escala de estaciones de alimentación y aumentos en la tasa de bocado. Durante lactancia, la compensación en el consumo energía pareció estar dada por los cambios registrados a nivel de estaciones de alimentación ya que ni el tiempo de pastoreo ni la tasa de bocados fueron diferentes entre OF.

El efecto de los tratamientos de OF sobre la estructura de la pastura y el comportamiento animal en pastoreo a escala diaria y dentro de la sesión de pastoreo, debería abordar en trabajos futuros, un análisis más detallado de la distribución horizontal y valor nutritivo de la pastura en los sitios seleccionados por las vacas para pastorear.

5. CONCLUSIONES

El incremento en la oferta de forraje mejoró de la estructura del campo natural, el cual, no se asoció a cambios en el tiempo de pastoreo y descanso/rumia, mientras que modificó, en función del momento evaluado, el número de sesiones totales de pastoreo, número de veces que alternan entre pastoreo y descanso/rumia, tiempo de caminata y a escala de sesión de pastoreo las estaciones de alimentación y la tasa de bocado.

El incremento en el tiempo de caminata, el número de estaciones de alimentación y la tasa de bocado parecerían mecanismos empleados en la estrategia de pastoreo de vacas de cría en la baja oferta de forraje evaluada.

Es posible que las modificaciones en las tácticas de pastoreo, les permitieran a las vacas de baja oferta, lograr una condición corporal similar a las vacas de alta oferta.

El estado fisiológico, y los niveles y distribución horizontal del forraje, explicarían que durante gestación temprana se modificara el patrón diario y dentro de la sesión de pastoreo integrando señales digestivas e ingestivas que se asociaron al consumo de energía.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Allen TFH, Starr TB. 1982. Hierarchy: Perspectives for ecological complexity. Chicago: University of Chicago Press. 310 p.
- Allen VG, Batello C, Berretta EJ, Hodgson J, Kothmann M, Li X, McIvor J, Milne J, Morris C, Peeters A, Sanderson M. 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and Forage Science*, 66(1): 2–28.
- Arnold G, Dudzinski M. 1978. Ethology of free-ranging domestic animals. *Developments in Animals and Veterinary Sciences*. Netherlands: Elsevier, 198 p.
- Arnold G. 1975. Herbage intake and grazing behavior of ewes of four breeds at different physiological states. *Australian Journal of Agricultural Research*, 26(6): 1017-1024.
- Bailey D, Provenza F. 2008. Mechanisms determining large – herbivore distribution. En: Prins H, Van Langevelde F. (Eds.) *Resource Ecology: Spatial and Temporal Dynamics of Foraging*. The Netherlands: Springer, Dordrecht. 7-28.
- Bailey D. 2005. Identification and creation of optimum habitat conditions for livestock. *Rangeland Ecology and Management*, 58(2): 109–118.
- Bailey D, Keil MR, Rittenhouse LR. 2004. Research observation: daily movement patterns of hill climbing and bottom dwelling cows. *Journal of Range Management*, 57(1): 20-28.
- Bailey D, Gross J, Laca E, Rittenhouse L, Coughenour M, Swift D, Sims P. 1996. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *Journal of Range Manage*, 49(5): 386-400.
- Baumont R, Prache S, Meuret M, Morand-Fehr P. 2000. How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: a review. *Livestock Production Science*, 64(1): 15-28.
- Benvenuti, MA, Gordon IJ, Poppi DP. 2006. The effect of the density and physical properties of grass stems on the foraging behaviour and instantaneous intake rate by cattle grazing an artificial reproductive tropical sward. *Grass and Forage Science*, 61(3): 272–281.

- Briske DD, Heitschmidt RK. 1991. Grazing management: an ecological perspective. En: Heitschmidt RK, Stuth JW (Eds.). Grazing management: an ecological perspective. Portland, OR: Timber Press. 11-26 p.
- Brosh A, Goldberg S .2017. Herd Moonitor Ltd. US Patent 2017/0325426 A1. [En línea] 11 marzo 2020. <https://patentimages.storage.googleapis.com/d9/cc/14/4bb25a0241e40e/US20170325426A1.pdf>
- Carvalho PCF, Gonda HL, Wade MH, Mezzalira JC, Do Amaral MF, Goncalves EN, Dos Santos DT, Nadin L, Poli CHEC. 2008. Características estruturais do pasto e o consumo de forragem: o quê pastar, quanto pastar e como se mover para encontrar o pasto. En: Symposium on Strategic Management of Pasture. (4º, 2008, Vicoso, Brazil). Proceedings. pp 101-130.
- Carvalho PCF, Prache S, Damasceno J. 1999. O processo de pastejo: desafios da procura e apreensão da forragem pelo herbívoro. En: Penz Junior A, Afonso L, Wassermann G. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Anais Porto Alegre. 253 -268.
- Chilibroste P, Tamminga S, Boer H, Gibb MJ, den Dikken G. 2000. Duration of Regrowth of Ryegrass (*Lolium perenne*). Effects on Grazing Behavior, Intake, Rumen Fill, and Fermentation of Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 83(5): 984-995.
- Claramunt M, Fernández-Foren A, Soca P. 2018. Effect of herbage allowance on productive and reproductive responses of primiparous beef cows grazing on Campos grassland. *Animal Production Science*, 58(9): 1615-1624.
- Coates DB, Penning P. 2000. Measuring animal performance. En “Field and laboratory methods for grassland and animal production research”. Wallingford, Oxon, UK. En: L’t Mannelje, RM Jones Eds. CAB International. 353–402.
- Coleman SW. 1992. Plant-animal interface. *Agronomy Journal*, Standfort, 5(1): 7-13.
- Coppedge BR, Shaw JH. 1998. Bison grazing patterns on seasonally burned tallgrass prairie. *Journal of Range Management*, 51(3): 258-264.

- CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization). 1990. Feeding standards for Australian livestock. Ruminants. East Melbourne, Victoria: CSIRO Publications. pp. 266.
- Da Trindade, JK, Neves FP, Pinto CE, Bremm C, Mezzalira JC, Nadin LB, Genro TCM, Gonda HL, and Carvalho PCF. 2016. Daily forage intake by cattle on natural grassland: Response to forage allowance and sward structure. *Rangeland Ecology and Management*, 69(1): 59–67.
- Da Trindade J, Pinto C, Neves F, Mezzalira J, Bremm C, Genro T, Tischler M, Nabinger C, Gonda H, Carvalho P. 2012. Forage allowance as a target of grazing management: Implications on Grazing Time and Forage Searching. *Rangeland Ecology and Management*, 65(4): 382-393.
- Di Marco ON, Aello MS. 2001. Energy expenditure due to forage intake and walking of grazing cattle. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 53(1): 105-110.
- Do Carmo M, Sollenberger LE, Carriquiry M, Soca P. 2018. Controlling herbage allowance and selection of cow genotype improve cow-calf productivity in Campos grasslands. *The Professional Animal Scientist*, 34(1): 32-41.
- Do Carmo M, Claramunt M, Carriquiry M, Soca P. 2016. Animal energetics in extensive grazing systems: Rationality and results of research models to improve energy efficiency of beef cow-calf grazing Campos systems. *Journal of Animal Science*, 94(6): 84-92.
- Do Carmo M. 2014. Efecto de la oferta de forraje y genotipo vacuno sobre la productividad de la cría vacuna en Campos de Uruguay. Tesis de maestría. Montevideo: Facultad de Agronomía. 74 p.
- Dumont B, Prache S, Carrère P, Boissy A. 2007. How do sheep exploit pastures? An overview of their grazing behaviour from homogeneous swards to complex grasslands. En: Priolo A, Biondi L, Ben Salem H, Morand-Fehr P. (Eds.). *Advanced nutrition and feeding strategies to improve sheep and goat*. Zaragoza, Spain: CIHEAM. 317–328.

- Dumont B, Gordon I. 2003. Diet selection and intake within sites and across landscapes. En: International Symposium on the Nutrition of Herbivores (6°, 2003, Merida, Mexico) Proceedings. pp 175–194.
- Fryxell JM. 2008. Predictive modelling of patch use by terrestrial herbivores. En: Prins H, Van Langevelde F. (Eds.). Resource Ecology: Spatial and Temporal Dynamics of Foraging. Dordrecht, The Netherlands: Springer. 105–123.
- Gibb M. 2006. Grassland management with emphasis on grazing behavior. En: Elgersma A, Dijkstra J, Tamminga S. (Eds.). Fresh Herbage for Dairy Cattle. The Netherlands: Springer. 141-157.
- Gibb M, Huckle C, Nuthall R, Rook A. 1999. The effect of physiological state (lactating or dry) and sward surface height on grazing behaviour and intake by dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 63(4), 269-287.
- Gibb M, Huckle C, Nuthall R. 1998. Effect of time of day on grazing behaviour by lactating dairy cows. *Grass and Forage Science*, 53(1): 41–46.
- Gómez J. 2019. Estimación del gasto energético en vacas de cría con diferentes asignaciones de forraje. [Datos sin publicar].
- Goncalves E. 2007. Comportamento ingestivo de bovinos e ovinos em pastagem natural da depressão central do Rio Grande do Sul. Tesis PhD, Porto Alegre, Brasil.
- Gordon IJ, Lascano C. 1993. Foraging strategies of ruminant livestock on intensively managed grasslands: potential and constraints. En: International Grassland Congress (17°, 1993, Hamilton, New Zealand). Proceedings. pp. 681–689.
- Gregorini P, Gunter SA, Masino CA, Beck PA. 2007. Effects of ruminal fill on short-term herbage intake rate and grazing dynamics of beef heifers. *Grass and Forage Science*, 62(3): 346 – 354.
- Gregorini P, Pas S, Tamminga S, Gunter S. 2006. Review: Behavior and Daily Grazing Patterns of Cattle. *Professional Animal Scientist*, 22(3): 201–209.
- Griffiths WM, Hodgson J, Arnold GC. 2003. The influence of sward canopy structure on foraging decisions by grazing cattle. Regulation of bite depth. *Grass and Forage Science*, 58(2): 125–137.

- Haydock KP, Shaw NH. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian journal of experimental agriculture and animal husbandry*, 15(76): 663-670.
- 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(3-4): 137–143.
- Hirata M, Matsumoto Y, Izumi S, Soga Y, Hirota F, Tobisa, M. 2014. Seasonal and interannual variations in feeding station behavior of cattle: effects of sward and meteorological conditions. *The International Journal of Animal Biosciences*, 9(4): 682 - 690.
- 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(5): 745-750.
- Hodgson, J. 1990. *Grazing management. Science into practice*. Harlow: Logman Scientific & Technical. 203 pp.
- INUMET (Instituto Uruguayo de Meteorología) 2019. Información meteorológica solicitada para fines educativos. [Datos sin publicar].
- Jamieson WS, 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(4): 273–282.
- Krysl LJ, Hess BW. 1993. Influence of supplementation on behavior of grazing cattle. *Journal of Animal Science*, 71(9): 2546-2555.
- Laca E. 2011. Escala de heterogeneidad espacial en sistemas pastoriles. En: Cangiano CA, Brizuela MA. (Eds.). *Producción animal en pastoreo*. Balcarce, Argentina: Ediciones INTA. 321–347.
- Laca E. 2009. New Approaches and Tools for Grazing Management. *Rangeland Ecology & Management*, 62(5): 407-417.
- Laca E, Distel R, Griggs T, Demment M. 1994. Effects of canopy structure on patch depression by grazers. *Ecology*, 75(3): 706–716.

- Larson-Praplan S, George MR, Buckhouse JC, Laca EA. 2015. Spatial and temporal domains of scale of grazing cattle. *Animal Production Science*, 55(3): 284-297.
- Linnane MI, 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. *Applied Animal Behaviour Science*, 71(4): 277-292.
- Machado F, Do Carmo M. 2016. Modelo conceptual del patrón espacio-temporal de pastoreo y selectividad a escala parche-sitio de pastoreo. [Datos sin publicar].
- Manning JK. 2018. Heterogeneity in extensive pasture systems: the effect on beef cattle behaviour, selection, paddock utilisation and production. Tesis de doctorado. Sydney, Australia. The University of Sydney. 196 p.
- Mezzalira JC, Bremm C, Trindade JKD, Gonda HL, Vieira PC, Carvalho PCDF. 2013. Ingestive Behaviour from the Feeding Station to Patch Level in Heterogeneous Environments. *Journal of Animal Science Advances*, 12: 613-623.
- MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). 1976. Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay a escala 1:1.000.000. Montevideo: Ministerio de Agricultura y Pesca.
- Moojen EL, Maraschin GE. 2002. Potencial produtivo de uma pastagem nativa do rio grande do sul submetida a níveis de oferta de forragem. *Ciência Rural*, 32(1): 127-132.
- Mott G, Lucas H. 1952. The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. En: *International Grassland Congress (6to, 1952, Pasadena, California)*. Proceeding. Pennsylvania: State College Press. pp 1380-1385.
- Neves FP, Carvalho PCF, Nabinger C, Carassai IJ, Santos DTD, Veiga GVD. 2009. Caracterização da estrutura da vegetação numa pastagem natural do bioma Pampa submetida a diferentes estratégias de manejo da oferta de forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38(9): 1685-1694.

- Novellie PA. 1978. Comparison of the foraging strategies of blesbok and springbok on the Transvaal highveld. *South African Journal of Wildland Research*. 8(4): 137–144.
- O’Connell J, Giller PS, W. Meaney. 1989. A comparison of dairy cattle behavioral pattern at pasture and during confinement. *Journal of Agriculture Research*, 28(1): 65-72.
- Paparamborda I. 2017. ¿Qué nos dicen las prácticas de gestión del pastoreo en los predios ganaderos familiares sobre su funcionamiento y resultado productivo? Tesis de maestría. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 126 p.
- Parsons AJ, Newman JA, Penning PD, Harvey A, Orr RJ. 1994. Diet Preference of Sheep: Effects of Recent Diet, Physiological State and Species Abundance. *Journal of Animal Ecology*, 63(2): 465-78.
- Provenza F. 1996. Acquired aversions as the basis for varied diets of ruminants foraging on rangelands. *Journal of Animal Science*, 74(8): 2010–2020.
- Provenza F. 1995. Postingestive feedback as an elementary determinant of food selection and intake in ruminant. *Journal of Range Management*, 48(1): 2-17.
- Rook AJ, Huckle CA, Penning PD. 1994. Effect of sward height and concentrate supplementation on the ingestive behavior of spring calving dairy cows grazing grass clover swards. *Applied Animal Behaviour Science*, 40(2):101-112.
- SAS Institute, Inc. 2002. *The SAS system for Windows. Version 9.0*. Cary, NC. SAS Institute, Inc.
- Scarlato S. 2011. Conducta de vacas de cría en pastoreo de campo nativo, efecto de la oferta de forraje sobre la expresión del patrón temporal y espacial de pastoreo. Tesis de maestría. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 71 p.
- Scott CB, Provenza FD, Banner RE. 1995. Dietary habits and social interactions affect choice of feeding location by sheep. *Applied Animal Behaviour Science*, 45(3-4): 225-237.

- Senft RL. 1989. Hierarchical foraging models: effects of stocking and landscape composition on simulated resource use by cattle. *Ecological Modelling*, 46(3-4): 283–303.
- Senft RL, Coughenour M, Bailey D, Rittenhouse L, Sala O, Swift D. 1987. Large herbivore foraging and ecological hierarchies. *BioScience*, 37(11): 789–799.
- Senft RL, Rittenhouse LR, Woodmansee RG. 1985a. Factors influencing patterns of cattle behavior on shortgrass steppe. *Journal of Range Management*, 38(1): 82–87.
- Senft RL, Rittenhouse LR, Woodmansee RG. 1985b. Factors influencing selection of resting sites by cattle on shortgrass steppe. *Journal of Range Management*, 38(4): 295–299.
- Soca P, Espasandín A, Carriquiry M. 2013. Efecto de la oferta de forraje y grupo genético de las vacas sobre la productividad y sostenibilidad de la cría vacuna en campo natural [En línea]. 7 febrero 2020. http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/fpta%2048_2013.pdf
- Sollenberger L, Moore J, Allen V, Pedreira C. 2005. Reporting forage allowance in grazing experiments. *Crop Science*. 45(3): 896–900.
- Stuth, J. 1991. Foraging behavior. En: Heitschmidt, R. y Stuth, J. *Grazing management: An ecological perspective*. Oregon: Timber Press. 85-108.
- Ungar ED. 1996. Ingestive behavior. En: Hodgson J, Illius AW. (Eds). *The Ecology and Management of Grassland Systems*. Wallingford, UK: CAB Int. 185 p.
- Vallentine, J. 2001. *Grazing Management* (2nd ed.). Academic Press, 525 B Street, Suite 1900, San Diego, CA 92101-4495. Hardback, 659 p.
- Van Soest PJ, Roberston JB, Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3597.
- 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(7): 3027-3038.

Vizcarra JA, Ibañez W, Orcasberro R. 1986. Repetibilidad y reproductibilidad de dos escalas para estimar la condición corporal de vacas Hereford. *Investigaciones Agronómicas*. 7: 45–47.

Wallis De Vries MF, Laca EA, Demment MW. 1999. The importance of scale of patchiness for selectivity in grazing herbivores. *Oecologia*, 121(3): 355–363.

7. ANEXOS

7.1 ABREVIATURAS

ALT: Altura del forraje

AO: Alta oferta de forraje

BO: Baja oferta de forraje

CC: Condición corporal

CE: Consumo de energía

DR: Tiempo de descanso/rumia

EA: Estaciones de alimentación

GTA: Gestación tardía

GTE: Gestación temprana

LAC: Lactancia

MF: Masa de forraje

MS: Materia seca

NP: Número de parches

NSP: Número de sesiones principales de pastoreo

NST: Número de sesiones totales de pastoreo

OF: Oferta de forraje

PDR: Alternancia pastoreo-descanso/rumia

PV: Peso vivo

TB: Tasa de bocado

TC: Tiempo de caminata

TP: Tiempo de pastoreo

7.2. EFECTO DE LA OFERTA DE FORRAJE EN LA ESTRATEGIA DE PASTOREO A DIFERENTES ESCALAS DE VACAS DE CRÍA EN PASTOREO DE CAMPO NATURAL

Effect of herbage allowance on grazing foraging strategy at diverse scales of beef cows grazing campos grassland

Machado¹, F., Claramunt², M. y Soca¹, P.

¹Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay

²Centro Universitario Regional del Este, Treinta y Tres, Uruguay

¹Ruta 3 km 363, 60000, Paysandú/Uruguay

²Ruta 8 km 282, 33000, Treinta y Tres, Uruguay

Para ser publicado en "Revista Argentina de Producción Animal"

RESUMEN

El objetivo fue estudiar y describir los cambios en la conducta de pastoreo de vacas de cría ante aumentos en la OF de campo natural. Durante Verano/lactancia (LAC), Otoño/gestación temprana (GTE) e Invierno/gestación tardía (GTA), 35 vacas de cría de 401 ± 36 kg de PV y $3,8 \pm 0,38$ de condición corporal fueron asignadas a dos tratamientos de oferta de forraje (OF). La OF fue de 8 vs 4 kg de materia seca (MS)/kg peso vivo (PV) durante LAC y GTE, para alta (AO) y baja (BO), respectivamente y en GTA fue de 4 kg de MS/kg PV. En todos los períodos la masa de forraje (MF), MF verde y altura fue superior ($P < 0,001$) en AO, no obstante, la OF no afectó el tiempo de pastoreo (TP). Durante LAC, las vacas de AO redujeron las estaciones de alimentación (EA) (AO: 247 vs BO: 328 ± 19 EA/h; $P = 0,004$). Durante GTE, el incremento en la OF provocó menor tiempo de caminata (TC) (AO: 1 vs BO: 10 ± 1 min; $P = 0,04$), EA (AO: 205 vs BO: 243 ± 36 EA/h; $P = 0,02$) y tasa de bocado (TB) (AO: 47 vs BO: 53 ± 2 bocados/min; $P = 0,02$) e incrementaron el intercalado pastoreo/descanso-rumia (AO: 5,4 vs BO: $4,6 \pm 0,27$ número/día; $P = 0,04$) y el número de sesiones de pastoreo (AO: 6,2 vs BO: $5,2 \pm 0,24$ número/día; $P = 0,0004$). Durante GTA, el incremento de la OF redujo el TC (AO: 5 vs BO: 24 ± 11 ; $P = 0,03$) y TB (AO: 43 vs BO: 56 ± 4 bocados /min; $P = 0,05$). Los cambios en la estructura de la pastura no afectaron al TP, no obstante, se modificó la conducta a escala de sesión de pastoreo. Estos cambios, reflejan plasticidad en el comportamiento de las vacas de cría al igualar el tiempo en pastoreo.

Palabras clave: oferta de forraje, tiempo pastoreo, comportamiento en pastoreo

SUMMARY

During the day, animals take decisions at different scales: bite, feeding station (FS), patch, and feeding site, to select what to consume and what not, and these decisions interact with other physiological needs such as rumination, thermoregulation, and social activities. In this sense, the daily pattern of grazing cows is made up of several grazing sessions which are modified with the amount of forage available and the need to ruminate, attributes of the landscape such as trees associated with the need for thermoregulation or particular characteristics of cows. The aim was to analyze the relationship between changes in the herbage allowance (HA) with the grazing behavior of beef cows grazing on native grassland. During Lactation (LAC: 91 ± 28 days postpartum), Early Gestation (EG: 89 ± 16 days gestation) and late (LG: 182 ± 12 days gestation), 40 beef cows of 401 ± 36 kg live weight (LW) and 3.8 ± 0.38 body condition score (CC) were assigned to a generalized complete block design with HA levels: 8 vs 4 kg of dry matter (DM) / kg LW during LAC and EG for high (Hi) and low (Lo) HA respectively and of 4 kg of DM / kg LW for both HA during LG. Total mass (FM), green (GFM), forage height, frequency of height observations between 0 - 4, 5 - 9, 10 - 15 and > 15 cm, daily grazing time (GT), resting-rumination (RR) and walking (WT), alternating grazing-RR (GRR), total number (TNS) and main (MGS) grazing sessions, bite rate (BR), FS and number of patches (NP) per hour of grazing. The increase in HA increased the FM, GFM and forage height ($P < 0.001$), however, the GT was not affected in any period evaluated. The forage height was 8.3 and 6.8 ± 0.2 , 9.8 and 6.5 ± 0.5 and 4.5 and 3.1 ± 0.1 cm during LAC, EG and LG for Hi and Lo respectively. During LAC, Hi reduced FS (Hi: 247 vs. Lo: 328 ± 19 FS / h; $P = 0.004$). During EG, Hi cows had lower WT (Hi: 1 vs. Lo: 10 ± 1 ; $P = 0.04$), reduced FS (Hi: 205 vs. Lo: 243 ± 36 FS / h; $P = 0.02$) and BR (Hi: 47 vs. Lo: 53 ± 2 bites / min; $P = 0.02$) and increased GRR (Hi: 5.4 vs. Lo: 4.6 ± 0.27 number / day; $P = 0.04$) and MGS (Hi: 6.2 vs. Lo: 5.2 ± 0.24 number / day; $P = 0.0004$). During LG, the increase in HA reduced the WT (Hi: 5 vs. Lo: 24 ± 11 ; $P = 0.03$) and BR (Hi: 43 vs. Lo: 56 ± 4 bites / min; $P = 0.05$). Although the GT was not affected by the HA, the increase in WT, FS and BR would be involved in the modifications of the grazing strategy of beef cows due to the reduction in the HA.

Keywords: forage allowance, grazing time, grazing behavior

INTRODUCCIÓN

La región de Campos es el área de pastizales más importante de Sudamérica y es utilizada en pastoreo directo para producción de carne y lana, una de las principales actividades económicas de la región (Modernel et al, 2018). La cría vacuna es la base del sector de producción de carne y es caracterizado por sus limitados niveles de producción (65%; MGAP, 2013; Berretta et al. 2000), lo cual se explica principalmente, por bajos niveles de oferta de forraje (OF): Kg materia seca (MS)/kg peso vivo (PV) (Paparamborda, 2017). En ecosistemas pastoriles con alta variabilidad en la producción de forraje, el control del pastoreo a través del manejo de la OF es la principal herramienta de manejo para regular la cantidad de energía solar captada y transformada en producto animal (Nabinger et al, 2000; Do Carmo et al, 2016). Un aumento de 3 a 5 kg MS/kg PV en la OF en Campos mejoró el balance de energía de la vaca, los niveles de producción por vaca y área, y justificó el estudio de los niveles de producción a niveles aún mayores de OF (Do Carmo et al, 2016).

El efecto de la OF en los niveles de producción animal son en parte consecuencia de las mejoras en la estructura (combinación de masa de forraje (MF) y altura (ALT)) del campo natural que determina el consumo de energía (CE), el cual es modulado por cambios en conducta en pastoreo y la selectividad (Piaggio, 1994; Da Trindade et al, 2016). El proceso de selección de la dieta y CE integra decisiones tomadas por los vacunos en diferentes escalas espacio-temporales que se ordenan jerárquicamente (Senft et al, 1987; Bailey et al., 1996). Previo a la selección de una planta para consumir, el animal debió seleccionar un área del paisaje, dentro del cual debió seleccionar un área específica dentro de una comunidad de plantas (Senft et al, 1987). Como consecuencia, la heterogeneidad espacio-temporal de la vegetación y otros recursos como la sombra y el agua, influyen la conducta de las vacas modificando su estrategia diaria a escalas inferiores de tiempo y espacio (Senft et al, 1987; Bailey y Provenza, 2008).

No conocemos estudios que hayan estudiado a varias escalas espacio temporales el efecto de la OF sobre el proceso del pastoreo en vacas de cría. Un aumento de la OF de 3 a 5 kg MS/kg PV promedio anual en vacas de cría provocó una reducción en el TP e incremento en el tiempo diario dedicado a la rumia, asociado a mayores niveles de MF y ALT y una mejora en el balance de energía (Do Carmo et al, 2016). No obstante, no conocemos estudios con vacas de cría sobre el efecto de OF mayores a 5 kg MS/kg PV sobre la conducta y selectividad. Basado en los experimentos con animales de recría, niveles de OF superiores a 5 kg MS/kg PV están asociados a mayores valores de MF y ALT, y una distribución bimodal de ALT donde coexiste un estrato de ALT bajo frecuentemente pastoreado, con otro de ALT alta escasamente pastoreado (Mezzalira et al, 2013; Da Trindade et al, 2012). En dichos experimentos se reportan en OF mayores a 5 kg MS /kg PV durante primavera y verano incrementos en el TP y búsqueda de forraje asociado positivamente a la preferencia por sitios de baja ALT y

rechazo del estrato alto (Da Trindade et al, 2012). No obstante, son las características de la pastura las que determinaron el CE, conducta y selectividad (Da Trindade et al, 2012). Ante valores menores a 1400 kg MS/ha y 9 cm de MF y ALT respectivamente, se reporta un incremento en el TP, duración de las sesiones de pastoreo y TB como compensación a bocados de bajo peso por límites en la estructura de la pastura (Da Trindade et al, 2012; Mezzalira et al, 2013). En dichas condiciones puede limitarse el CE, reducir la selectividad e incrementar los costos de actividades de pastoreo (Piaggio, 1994; Da Trindade et al, 2012; Da Trindade et al, 2016). En valores de ALT mayores a 2200 kg MS/ha y 13 cm de MF y ALT, y niveles de estrato alto superiores a 30% del área, se puede afectar el comportamiento a escala de bocados dado que se encontró un incremento en el tiempo de manipulación durante la cosecha e ingestión del bocado a escala de EA por rechazo de sitios de “estrato” alto y un aumento en el TP y rumia (Da Trindade et al, 2012; Mezzalira et al, 2013).

El objetivo de este estudio fue explicitar los cambios en el TP, DR y TC, distribución durante el día de dichas actividades, y el número de parches, EA y TB de las principales sesiones de pastoreo matutina y vespertina cuando se modifica la OF del campo natural. Se planteó como principal hipótesis que el incremento en la OF provocaría una reducción en las horas totales y aumento en el número de sesiones de pastoreo, dado por el incremento del tiempo de rumia de vacas de cría en pastoreo de campo natural. A escala de sesión se predice que se reducirá el número de parches, de EA y TB por aumento de la OF.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental

El trabajo se realizó en 107 ha de la Estación Experimental Profesor Bernardo Rosengurtt, Facultad de Agronomía, Udelar, ubicada en el departamento de Cerro Largo, Uruguay (32 ° 35 'S, 54 ° 15' O), donde desde el año 2007, se lleva a cabo un experimento con el objetivo de evaluar el efecto de incrementar la OF y cambios en el grupo genético de la vaca sobre la producción de carne por unidad de superficie de la cría vacuna en campo natural (Do Carmo et al, 2018).

En base a un diseño experimental de bloques al azar, donde los bloques representan suelos arenosos (Bloque 1: Unidad Zapallar; MGAP, 1976) y arcillosos (Bloque 2: Unidad Fraile Muerto; MGAP, 1976) se evaluó el efecto de Alta (AO: 8 kg MS/kg PV) y Baja (BO: 5 Kg MS/kg PV) OF promedio anual sobre la productividad de la cría vacuna desde el año 2016. En cada bloque, fueron dispuestas dos réplicas de cada tratamiento de OF, lo cual, explica que cada bloque puede ser considerado como un experimento.

Las cinco especies forrajeras presentes y consideradas de interés en el experimento fueron *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum*, *Botriochloa laguroides*, *Andropogon ternatus* y *Coelorhachis selloana*.

La OF (relación entre la masa de forraje y carga animal, kg MS/kg PV; Sollenberger et al, 2005) fue 8 vs 4 para AO y BO durante Verano y Otoño respectivamente, y se mantuvo 4 Kg MS/kg PV para ambos tratamientos durante Invierno. El ajuste de la OF se realizó mediante el método de “put and take” (Mott y Lucas, 1952), en base a la cantidad de forraje estimada mediante el método de rendimientos comparativos (Haydock y Shaw, 1975) y del PV de las vacas “fijas” y “volantes” sin ayuno a la misma hora del día. Las vacas “fijas o experimentales” ingresaron en el mes de marzo de 2016 y se mantuvieron durante todo el período experimental mientras que las que ingresaron como “volantes” fueron de la misma raza, tamaño, peso corporal, y estado fisiológico que las experimentales.

Los registros de conducta en pastoreo fueron colectados durante períodos representativos de Verano-Invierno 2016-2017. Se emplearon 40 vacas de cría preñadas de las razas Hereford, Aberdeen Angus, Bonsmara y Hereford x Aberdeen Angus, que corresponden a los “animales fijos” del experimento cuyo estado nutricional y fisiológico se presenta en la Cuadro N°1.

Cuadro N°1. Peso vivo, condición corporal y estado fisiológico de las vacas empleadas en las determinaciones de conducta según la estación del año.

Table N°1. Live weight, body condition score and physiological status of the cows used in behavioral determinations according to the season of the year.

Estación del Año	Peso vivo (kg)	Condición corporal	Estado fisiológico
Lactancia/Verano	388 ± 35	3,8 ± 0,27	91 ± 28 días de lactancia
Gestación temprana/Otoño	418 ± 35	3,9 ± 0,43	89 ± 16 días de gestación
Gestación tardía/Invierno	397 ± 38	3,8 ± 0,45	182 ± 12 días de gestación

Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas fueron registradas automáticamente durante todo el período experimental en la Estación Meteorológica de Melo, Cerro Largo, perteneciente al Instituto Uruguayo de Meteorología, la cual se encuentra ubicada a 20 km del experimento. La temperatura media para cada estación fue de $23,8 \pm 3$, $18,6 \pm 4$, $14,3 \pm 4$ °C para Verano, Otoño e Invierno respectivamente. Estos valores resultan similares a los promedios históricos 1981-2010, $23,4 \pm 0,7$, $18,3 \pm 0,6$ °C para Verano y Otoño respectivamente (INUMET, 2019). En Invierno, la temperatura media resultó ser 2°C superior en comparación con el promedio histórico 1981-2010 ($12,3 \pm 1$ °C, INUMET 2019).

Las precipitaciones fueron 343 ± 10 , 429 ± 18 y 366 ± 13 mm durante Verano, Otoño e Invierno. Durante Otoño e Invierno, estuvieron por encima del promedio histórico, superaron en 65 y 110 mm al promedio histórico 1981-2010.

Mediciones en la pastura

La MF (kg MS/ha) se determinó por el método de rendimiento comparativo (Haydock y Shaw 1975) el cual se basa en una escala visual de 5 puntos para cada réplica (marcada por cuadros de 0,5 x 0,5 m). En cada cuadro donde se cortó el forraje se tomaron 5 registros de ALT (cm) con regla en el punto de mayor densidad (Hodgson 1990).

Se realizaron 150 estimaciones visuales por parcela para estimar la MF y ALT. En cada cuadro se estimó de forma visual la cantidad de material verde y seco. Estos registros fueron promediados para obtener la proporción de forraje verde en cada tratamiento y luego estimar la masa de forraje verde

(MFV: kg MS/ha). Cada escala fue cortada a ras del suelo y secada en estufa de aire forzado a 60°C, durante 48-72 h, para relacionar la MS de forraje con la escala visual.

Los registros de altura se agruparon en estratos entre; 0 - 4, 5 - 9, 10 - 15 y >15 cm, lo que representaría la estructura del pasto asociada con un consumo de energía de mantenimiento (0-4 cm) y donde la vaca optimizaría la tasa de ingesta de nutrientes respectivamente (Da Trindade et al, 2016) y se procedió a describir la distribución de frecuencias de estos estratos.

Conducta animal diaria y durante la sesión de pastoreo

Los registros de pastoreo, descanso/rumia, caminata fueron colectados por el collar MOONITOR® (Brosh y Goldberg, 2017) equipado con GPS y acelerómetro. Durante las sesiones de pastoreo a través de la observación visual, se describió la TB, las EA y los parches (Bailey et al, 1996). A partir del Verano, las vacas se asignaron al azar a la colocación de los collares MOONITOR® (CattleCare150i; Peso aproximado: 2 kg), durante ocho días consecutivos. Los collares MOONITOR® permiten estimar la actividad (pastoreo, descanso/rumia y caminata) cada 5 min.

El pastoreo, descanso/rumia y la caminata se determinaron mediante un microcontrolador de baja potencia y un algoritmo espacial para el análisis de las señales del acelerómetro (Brosh y Goldberg, 2017). Los tiempos dedicados a cada actividad se estimaron en función de las salidas de los 3 ejes del acelerómetro y del algoritmo que estima la intensidad del movimiento. Se utilizaron dos límites para determinar la actividad en función de la intensidad del movimiento, entre descanso/rumia y pastoreo y el segundo entre pastoreo y caminata (Brosh y Goldberg, 2017).

La información de cada collar se transmitió a una computadora por medio de una antena ubicada a una distancia máxima de 50m del collar. Se descargaron dos archivos por collar, con información correspondiente a la actividad y ubicación de las vacas. Con el fin de descartar anomalías en el comportamiento de los animales debido al manejo en los corrales, así como los problemas en el suministro de energía, los datos de los días correspondientes a la colocación de los collares se eliminaron del análisis.

La proporción de tiempo diario en pastoreo, descanso/rumia y caminata, según turnos mañana (AM), tarde (PM) y noche, se basó en la información correspondiente a cuatro días de actividad completa (288 registros diarios) durante Verano y tres días durante Otoño e Invierno, que correspondieron a 20, 8 y 9 vacas respectivamente.

Los turnos de pastoreo se definieron en base a la salida y puesta del sol y fueron de 7, 8 y 9 horas durante Verano y de 4,5, 6 y 13,5 horas durante Otoño e Invierno para AM, PM y noche respectivamente.

Los min diarios dedicados a cada actividad, TP, DR y TC, fueron estimados en base al producto de cada proporción por la duración en minutos del día y de cada turno, lo cual asume, de acuerdo a la literatura consultada (Hirata et al, 2002) que durante los 5 min evaluados el animal realiza la misma actividad.

La descripción del patrón de pastoreo diario y por sesión se llevó a cabo en base a la propuesta de Gibb et al (1998), lo cual, permitió la elaboración de gráficas del patrón de comportamiento diario e identificar la secuencia descanso/rumia (SDR) por día, que refleja el número de veces que intercala pastoreo con descanso/rumia, y el número total (NSP) y de las principales (PSP) sesiones de pastoreo (superiores a una hora de pastoreo).

Durante las principales sesiones de pastoreo de AM y PM en dos vacas equipadas con MOONITOR por cada réplica en cada bloque durante tres días se estimó la TB como el tiempo en dar 100 bocados de prehensión que permitió estimar la TB (Hodgson, 1990), número de EA, definida mediante el movimiento de sus patas delanteras y número de parches por hora de pastoreo, definido por la detención del consumo y cambio en la orientación del pastoreo (Bailey et al, 1996).

El equipo de observadores fue integrado por 3 personas que realizaron las observaciones entre las 5:30 a 10:00 h (AM) y 17:00 a 20:00 h (PM) durante el Verano y de 7:00 a 12:00 h (AM) y de 15:00 a 18:30 h (PM) durante Otoño e Invierno. Las vacas fueron pintadas en las costillas para facilitar la identificación en el campo. Cuando fue necesario se utilizaron binoculares para mantener una distancia mínima con el fin de prevenir alteraciones de la conducta.

Análisis estadístico

El efecto de la OF sobre el comportamiento temporal y espacial se analizó para cada estación por separado (Lactancia/Verano, Gestación temprana/Otoño e Gestación tardía/Invierno) dado que fotoperiodo, las condiciones climáticas y el estado fisiológico de las vacas resultaron diferentes. El grupo de animales en cada parcela se consideró como la unidad experimental, las medidas obtenidas en las unidades de muestreo se promediaron cada día para cada parcela.

El efecto de la OF sobre MF, MFV, ALT, SPD, NSP y PSP se estudió en base a un modelo lineal de efectos mixtos, utilizando el procedimiento MIXED del software SAS (SAS Institute 2002) que incluyó los efectos de OF, bloque y su interacción como efectos fijos y la réplica como efecto aleatorio.

El efecto de la OF sobre el TP, DR y TC se analizaron con un modelo lineal generalizado de efectos mixtos (función vínculo Logit) utilizando el procedimiento GLIMMIX del software SAS (SAS Institute 2002) e incluyó los efectos de OF, bloque, turno y sus interacciones como efectos fijos y la réplica como efecto aleatorio durante Verano y Otoño.

El efecto de la OF sobre el número de parches, EA y TB se estudió en base a un modelo lineal de efectos mixtos, utilizando el procedimiento MIXED del software SAS (SAS Institute 2002) que incluyó los efectos de OF, bloque, turno y su interacción como efectos fijos y la réplica como efecto aleatorio.

El efecto bloque no resultó significativo sobre las variables de respuesta, lo cual, determinó su exclusión.

Las medias de mínimos cuadrados se compararon usando la prueba de Tukey-Kramer y las diferencias se consideraron significativas a $P < 0,05$.

RESULTADOS

Efecto de la oferta de forraje sobre la estructura de la pastura

La MF, MFV y ALT fueron afectadas por la OF (Cuadro N°2). La MF y ALT resultaron 981, 2058 y 766 kg MS/ha y 1,5, 3,3 y 1,4 cm superiores en AO comparado con BO durante LAC, GTE e GTA respectivamente (Cuadro N°2).

Cuadro N°2. Efecto de la oferta de forraje (OF) sobre la masa total (MF; kg MS/ha) verde (MFV; kg MS/ha) y altura del forraje (ALT; cm) durante Lactancia/Verano (LAC), Gestación temprana/Otoño (GTE) y Gestación tardía/Invierno (GTA).

Table N°2. Effect of herbage allowance (HA) on the total mass (MF; kg DM / ha) green (MFV; kg DM / ha) and forage height (ALT; cm) during Lactation / Summer (LAC), Early Gestation / Autumn (GTE) and Late Gestation / Winter (GTA).

Variabes	AO ¹	BO	Se	P-valor
MF (kgMS/ha)				
LAC	3087	2106	55	0,009
GTE	4041	1983	204	<,0001
GTA	2155	1389	48	<,0001
MFV (kgMS/ha)				
LAC	2532	1580	40	<,0001
GTE	3153	1385	159	0,001
GTA	1700	1060	46	0,0006
ALT (cm)				
LAC	8,3	6,8	0,2	0,001
GTE	9,8	6,5	0,5	<,0001
GTA	4,5	3,1	0,1	<,0001

¹Alta (AO) y baja (BO) OF corresponde a 8 vs. 4 kg MS/kg PV respectivamente. Se presentan las medias de mínimos cuadrados, error estándar (se) y F-test; las diferencias se consideraron significativas a $P < 0,05$.

La MFV fue mayor en AO que en BO (Cuadro N°2). Desde LAC a GTE, en AO se mejoró la cantidad de MF y MFV, lo cual, no ocurrió en BO (Cuadro N°2).

En LAC, el 0,7 y 0,82 de los registros de ALT se ubicó entre 5 - 9 cm en AO y BO respectivamente y no se encontraron registros en la clase 0 - 4 cm y reducidos en la clase > a 15 cm (Figura N°1).

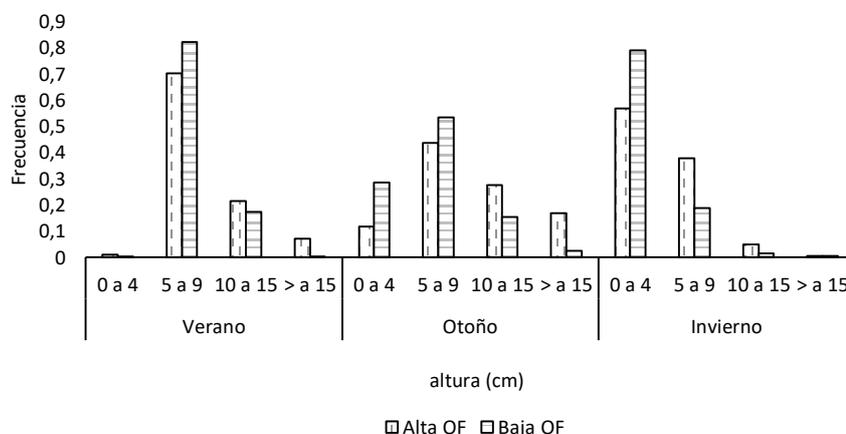


Figura N°1. Modelo de la distribución de frecuencia de altura de forraje (ALT) en AO y BO durante Verano, Otoño e Invierno.

8 vs. 4 kg MS/kg PV y 4 kg MS/kg PV para alta OF vs. Baja OF, durante verano-otoño e invierno respectivamente

Durante Otoño se registraron todas las clases de ALT y su frecuencia estuvo más distribuida entre las clases que en las otras estaciones. Entre 5 - 9 cm se concentró la mayor frecuencia de registros con 0,43 y 0,52 para BO y AO respectivamente mientras que entre 0 - 4 cm la frecuencia fue de 0,12 y 0,28. En AO se registró un mayor porcentaje de sitios con ALT superiores a 15 cm (AO = 17 vs BO = 2%).

Durante Invierno, en ambas OF la frecuencia de ALT se concentró en los estratos más bajos (0 - 4 y 5 - 9 cm) (Figura N°1).

Efecto de la oferta de forraje sobre la conducta animal diaria y dentro de la sesión de pastoreo

Lactancia/Verano

La OF y la interacción OF x turno no afectaron el TP, el cual se modificó con el turno (Cuadro N°3). El 86 y 14 % del pastoreo total se llevó a cabo durante el día y noche respectivamente mientras que el pastoreo diurno resultó superior en PM comparado con AM (Cuadro N°3).

Cuadro N°3. Efecto de la oferta de forraje (OF) y el turno de pastoreo sobre el tiempo diario de pastoreo (TP), descanso/rumia (DR) y caminata (TC) durante la Lactancia/Verano. (Promedio de mínimos cuadrados, error estándar y F-test).

Table N°3. Effect of herbage allowance (HA) and pasture turn on daily grazing time (GT), rest / rumination (RR) and walk (WT) during lactation / summer. (Least squares average, standard error and F-test).

Variables	OF ¹		Turno ²				OF	P valor	
	AO	BO	AM	PM	Noche	Se		turno	OF*turno
TP (min)	685	654	278	292	93	18	0,21	<,0001	0,18
DR (min)	698	729	122	161	440	26	0,21	<,0001	0,06
TC (min)	23	24	19	24	9	8	0,9	<,0001	0,83

¹Alta (AO) y baja (BO) OF corresponde a 8 vs. 4 kg MS/kg PV respectivamente; ²AM: turno matutino de pastoreo, PM: turno vespertino de pastoreo, Noche: turno nocturno de pastoreo.

El DR que resultó mayoritariamente nocturno fue afectado por el turno de pastoreo (Cuadro N°3). El TC fue afectado solamente por el turno (Cuadro N°3). La OF no afectó la descripción de la sesión de pastoreo (AO: 6,1 vs BO: 5,9 ± 0,4, P=0,7; AO: 7 vs BO: 6,8 ± 0,4, P=0,8 y AO: 5 vs BO: 4,6 ± 0,2, P=0,2 para SDR, NSP y PSP respectivamente), cuando se registraron 5 sesiones de pastoreo diurnas de aproximadamente dos horas de duración. Se intercaló pastoreo y descanso/rumia en la misma proporción durante el día. La caminata se llevó a cabo durante la sesión de la tarde (Cuadro N°3).

La OF, el turno y la interacción OF x turno no afectaron el NP ni la TB, mientras que en BO las vacas tuvieron un 32% mayor número de EA comparado con AO y durante PM las EA aumentaron un 25 por ciento con respecto a AM (Cuadro N°4).

Cuadro N°4. Efecto de la oferta de forraje (OF) y el turno de pastoreo sobre el número de parches (NP), estaciones de alimentación (EA) y tasa de bocado (TB) durante Lactancia/verano.

Table N° 4. Effect of herbage allowance (HA) and pasture turn on the number of patches (NP), feeding stations (FS) and bit rate (BR) during lactation / summer.

Variables ³	OF ¹		Turno ²			Se	OF	P valor	
	AO	BO	AM	PM	turno			OF x turno	
NP (nro/h)	11	12	10	13	1	0,5	0,11	0,6	
EA (nro/h)	247	328	255	319	19	0,004	0,02	0,4	
TB (boc/min)	45	47	45	47	2	0,3	0,4	0,7	

¹Alta (AO) y baja (BO) OF corresponde a 8 vs. 4 kg MS/kg PV respectivamente; ²AM: turno matutino de pastoreo, PM: turno vespertino de pastoreo, Noche: turno nocturno de pastoreo; ³Número de parches por hora de pastoreo (NP), número de estaciones de alimentación por hora de pastoreo (EA), tasa de bocado (TB). Nro/h, número por hora. Boc/min, bocado por minuto. Promedio de mínimos cuadrados, error estándar y F-test).

Gestación temprana / Otoño

La OF y su interacción con el turno no afectó el TP y DR que si fueron modificados entre turnos (Cuadro N°5).

Cuadro N°5. Efecto de la oferta de forraje (OF) y el turno de pastoreo sobre el tiempo diario de pastoreo (TP), descanso/rumia (DR) y caminata (TC) en minutos durante Gestación temprana/Otoño.

Table N°5. Effect of herbage allowance (HA) and pasture turn on daily grazing time (GT), rest / rumination (RR) and walk (WT) during early gestation / Autumn.

Variables	OF ¹		Turno ²			Se	OF	P valor	
	AO	BO	AM	PM	Noche			turno	OF x turno
TP (min)	632	621	176	276	175	6	0,54	<,0001	0,16
DR (min)	806	809	92	81	633	6	0,85	<,0001	0,13
TC (min)	1	10	1	3	1	1	0,04	0,27	0,31

¹Alta (AO) y baja (BO) OF corresponde a 8 vs. 4 kg MS/kg PV respectivamente. ²AM: turno matutino de pastoreo, PM: turno vespertino de pastoreo, Noche: turno nocturno de pastoreo. Se presentan las medias de mínimos cuadrados, error estándar y F-test

La OF y su interacción con el turno no afectaron el TP y DR, no obstante, ambos indicadores se modificaron entre turnos (Cuadro N°5). El TP fue mayor PM mientras que el DR fue mayor en la noche. Las vacas de BO incrementaron el TC (Cuadro N°5), que resultó inferior a la registrada durante LAC y no fue afectada por el turno ni por la interacción OF x turno.

En AO aumentó el PDR (AO: 5,4 vs BO: 4,6 ± 0,27, veces/día P=0,04), el NST (AO: 6,2 vs BO: 5,2 ± 0,24, sesiones de pastoreo/día P=0,006) mientras que no se modificaron las NSP (AO: 3,5 vs BO: 3,3 ± 0,25, sesiones de pastoreo/día P=0,42).

El NP fue afectado por la interacción OF x turno y no fue afectado por la OF y el turno (Cuadro N°6). Las vacas de BO tuvieron mayor número de parches en AM comparado con AO (AO = 12 vs BO = 19 ± 3 parches/hora; P=0,1), mientras que en PM fue menor (AO = 21 vs BO = 13 ± 3 parches/hora; P = 0,07).

Cuadro N°6. Efecto de la oferta de forraje (OF) y el turno de pastoreo sobre el número de parches (NP), estaciones de alimentación (EA) y tasa de bocado (TB) durante Gestación temprana/Otoño.

Table N° 6. Effect of herbage allowance (HA) and pasture turn on the number of patches (NP), feeding stations (FS) and bit rate (BR) during early gestation / Autumn.

Variables ³	OF ¹		Turno ²			P valor		
	AO	BO	AM	PM	Se	OF	turno	OF*turno
NP (nro/h)	17	16	15	17	2	0,8	0,6	0,02
EA (nro/h)	205	243	236	212	36	0,02	0,1	0,7
TB (boc/min)	47	53	50	49	1,9	0,02	0,6	0,3

¹Alta (AO) y baja (BO) OF corresponde a 8 vs. 4 kg MS/kg PV respectivamente. ²AM: turno matutino de pastoreo, PM: turno vespertino de pastoreo, Noche: turno nocturno de pastoreo. ³Número de parches por hora de pastoreo (NP), número de estaciones de alimentación por hora de pastoreo (EA) y tasa de bocado (TB). Nro/h, número por hora. Boc/min, bocado por minuto. Se presentan las medias de mínimos cuadrados, error estándar y F-test.

Las EA y la TB fueron afectadas por la OF y no fueron afectadas por el turno y la interacción OF x turno (Cuadro N°6). Las vacas de BO tuvieron 13 y 18% más TB y EA que AO, respectivamente (Cuadro N°6).

Gestación tardía / Invierno

La OF e interacción OF x turno no afectaron el TP y DR, los cuales fueron afectados por el turno de pastoreo (Cuadro N°7).

Cuadro N°7. Efecto de la oferta de forraje (OF) y el turno de pastoreo sobre el tiempo diario de pastoreo (TP), descanso/rumia (DR) y caminata (TC) en minutos durante Invierno.

Table N°7. Effect of herbage allowance (HA) and pasture turn on daily grazing time (GT), rest / rumination (RR) and walk (WT) during late gestation / Winter.

Variables	OF ¹		Turno ²				OF	P valor	
	AO	BO	AM	PM	Noche	Se		turno	OF*turno
TP (min)	668	618	204	253	185	15	0,25	<.0001	0,37
DR (min)	809	814	66	100	627	32	0,9	<.0001	0,26
TC (min)	5	24	4	10	2	11	0,03	0,1	0,23

¹Alta (AO) y baja (BO) OF corresponde a 4 kg MS/kg PV. ²AM: turno matutino de pastoreo, PM: turno vespertino de pastoreo, Noche: turno nocturno de pastoreo. Se presentan las medias de mínimos cuadrados, error estándar y F-test.

Durante la sesión PM el TP fue 49 minutos mayor. El TC fue afectado por la OF dado que las vacas de BO caminaron más que las de AO (Cuadro N°7). Al igual que el TP el TC tendió a ser superior durante la sesión PM.

La OF no afectó el patrón de pastoreo (AO: 4,9 vs BO: 4,4 ± 0,4, P=0,34; AO: 5 vs BO: 5,1 ± 0,4, P=0,76 y AO: 3,2 vs BO: 3,2 ± 0,2, P=0,9 para SDR, NSP y PSP respectivamente), existieron tres sesiones principales de pastoreo y los períodos de descanso diurnos se dieron antes y después del mediodía. Al igual que en LAC, la caminata resultó superior durante la tarde.

Las vacas de BO tuvieron 30 por ciento más TB respecto a las vacas AO (Cuadro N°8) mientras que las EA no fueron afectadas por la OF, turno y OF x turno (Cuadro N°8).

Cuadro N°8. Efecto de la oferta de forraje (OF) y el turno de pastoreo sobre el número de estaciones de alimentación (EA) y tasa de bocado (TB) durante Invierno.

Table N° 8. Effect of herbage allowance (HA) and pasture turn on the number of patches (NP), feeding stations (FS) and bit rate (BR) during late gestation / Winter.

Variables ³	OF ¹		Turno ²			OF	P valor	
	AO	BO	AM	PM	Se		Turno	OF*turno
EA (nro/h)	283	283	295	270	21	0,9	0,2	0,14
TB (boc/min)	43	56	49	50	4	0,05	0,9	0,6

¹Alta (AO) y baja (BO) OF corresponde a 4 kg MS/kg PV. ²AM: turno matutino de pastoreo, PM: turno vespertino de pastoreo, Noche: turno nocturno de pastoreo. ³Número de estaciones de alimentación por hora de pastoreo (EA) y tasa de bocado (TB). Boc/min, bocado por minuto. Nro/h, número por hora. Se presentan las medias de mínimos cuadrados, error estándar y F-test

La TB fue afectada por la OF y no fue afectada por el turno y la interacción OF x turno. Las vacas de BO tuvieron 30% mayor TB respecto a las vacas AO (Cuadro N°8).

DISCUSIÓN

La hipótesis planteada sobre que el incremento en la OF provocaría una reducción en el TP fue rechazada para todos los períodos evaluados. El aumento de OF se asoció con mejoras de la cantidad total, verde y ALT del forraje, no obstante, la OF no afectó el TP. El TP promedio, 646 ± 13 min, resultó similar a experimentos que evaluaron la conducta de pastoreo de vacas de carne adultas (Funston et al, 1991) y vaquillonas (Da Trindade et al, 2012) en pastoreo de pasturas nativas templadas y Campos respectivamente. Sin embargo, difiere de lo reportado para campo natural por Scarlato (2011) quién reportó un tiempo de pastoreo diario promedio de 738 ± 27 min, pudiendo ser explicado por los niveles de MF y ALT del forraje evaluados en cada experimento. Un cambio entre niveles de MF de 1241 vs 1635 kg MS/ha se asoció con reducciones en el TP de hasta 63 ± 15 minutos diarios (Scarlato, 2011), por lo cual era esperable encontrar reducciones en el TP al aumentar la OF. Dicha respuesta no se encontró en el presente trabajo, lo cual se explicaría porque la tasa de consumo no fue afectada por la estructura de la pastura lo cual llevaría a modificaciones en el tiempo de pastoreo diario buscando mantener los niveles de consumo diario. No obstante, los antecedentes nacionales y regionales que obtuvieron respuesta frente a la modificación en la OF y estudiaron la conducta de vacunos a pastoreo de campo natural fueron conducidos con inferiores niveles de OF y cantidad de forraje (Piaggio, 1994; Nabinger et al, 2000; Scarlato, 2011). Un incremento en la OF de 5 a 8 kg MS/kg PV promedio anual mejoró un 70 % la MF entre niveles promedio de AO=1826 vs BO=3094 \pm 102 kg MS/ha, lo cual resultó coincidente con la fase previa del mismo experimento donde un aumento entre 3 a 5 Kg MS/kg PV se asoció con incrementos en 82 % (BO= 1140 vs AO=1860 \pm 114 kg MS/ha) en la MF promedio (Do Carmo et al, 2018).

Desde Verano a Otoño, la MF, ALT y cantidad de sitios más altos mejoró en AO, lo cual no sucedió en BO, donde hubo una reducción de dichas variables, dándose la mayor diferencia entre tratamientos para MF y ALT. En ambas OF, durante Verano, se registró superior TP lo que podría estar explicado por el estado fisiológico del rodeo (lactancia), donde los requerimientos de energía de las vacas fueron superiores al Otoño e Invierno. Por otra parte, el largo del período diurno en Verano podría constituir un estímulo para incrementar el TP diario. Durante Invierno, se registraron las sesiones de pastoreo nocturnos más largas, pudiendo ser explicadas por la menor duración del día y disponibilidad de forraje, lo que llevaría a intentar compensar la ingesta diaria durante la noche.

Durante GTE y GTA, a escala diaria las vacas de BO aumentaron el TC. Este incremento podría explicarse por una reducción en la ALT la cual se asociaría al incremento en la búsqueda de sitios con mejores oportunidades de ingestión (Baumont et al, 2000). No obstante, también podría indicar mayor desplazamiento diario en metros por día durante la actividad de pastoreo tal como ha sido

reportado por vacunos en crecimiento pastoreando campo natural (Da Trindade et al, 2012). Este incremento en el desplazamiento podría involucrar movimientos entre sitios de pastoreo como el direccionamiento a fuentes de agua y sombra desde los sitios seleccionados para el pastoreo, reflejando cambios en las decisiones tomadas por las vacas para mejorar el consumo de forraje. Da Trindade et al (2012) encontraron que las condiciones que favorecen mayor TP estarían asociadas a mayor desplazamiento diario durante el pastoreo, lo cual se vio reflejado en el TC durante LAC. En este período, los registros de TC fueron los mayores registrados para ambas OF, lo que podría asociarse al mayor desplazamiento en la búsqueda de forraje de calidad, ya que esta actividad sucedió principalmente dentro de la sesión de pastoreo.

Durante GTE las vacas de AO tuvieron más sesiones de pastoreo e incrementaron el número de veces que cambian de actividad entre pastoreo y descanso/rumia, lo cual podría ser explicado por los altos niveles de disponibilidad de forraje, lo cual estarían motivando a los animales rumiar de forma más frecuente debido al mayor consumo de MS y fibra. En comparación con LAC y GTE, durante GTA, al reducirse las horas de luz del día disminuyó el NST, lo cual, coincide con (Gregorini et al, 2006) y podría ser explicado por la mayor duración de las sesiones de pastoreo.

Si bien, a escala diaria la OF no modificó el TP, a escala de sesión de pastoreo y tal como se planteó en la hipótesis, ante el incremento en la OF las vacas de AO redujeron el número de EA durante LAC y GTE y la TB durante GTE y GTA. Al igual que en el presente trabajo, Goncalves (2007) también reportó mayor número de EA por hora de pastoreo en ALT limitantes (4,8 cm), no obstante, la cantidad de EA reportadas fue superior (822 vs 570 ± 10 EA/hora de pastoreo para vaquillonas en crecimiento pastoreando campo natural con 4 y 12 cm de ALT). Con similar TP, las vacas de BO podrían haber buscado optimizar su TP cambiando de EA en forma más frecuente a diferencia de las de AO que podrían incrementar la selectividad eligiendo más bocados dentro de una EA y permanecido más tiempo en cada una de ella, lo que refleja el cambio en la estrategia de pastoreo. Este comportamiento de las vacas de AO coincide con lo reportado por la Teoría del Forrajeo Óptimo (Prache et al, 1998) donde un aumento de la MF con mejor distribución de la ALT podría explicar la mayor permanencia en las EA por parte de las vacas de AO. Esto motivaría a las vacas a no cambiar de EA, lo cual coincide con lo reportado por la investigación regional en Campos (Goncalves, 2007).

En GTE y GTA, una reducción en la OF y cantidad de forraje se asoció con incrementos en la TB lo cual resulta coincidente con diversos antecedentes que estudian la relación planta –animal (Chacon y Stobbs, 1976; Jamieson y Hodgson, 1979). Los registros promedio de TB encontrados en este

trabajo coinciden con lo reportado para animales en crecimiento pastoreando campo natural (42 vs 54 bocados/min para 4 y 7 cm de ALT respectivamente, $P=0,015$; Mezzalira et al, 2013). El aumento en la TB, puede explicarse por la menor masa de bocado recolectada durante otoño e invierno, cuando se registraron los valores más bajos de MF y ALT en el tratamiento de BO (1983 vs 1389 ± 126 kg MS/ha para GTE y GTA respectivamente).

CONCLUSIÓN

El incremento en cantidad de forraje y mejora de la estructura del campo natural al aumentar la OF, no se asoció a cambios en el tiempo diario de pastoreo y descanso/rumia, no obstante, a escala de sesión de pastoreo modificó el tiempo de caminata diaria, las estaciones de alimentación y la tasa de bocado. Esto reflejaría plasticidad en el comportamiento asociado a cambios en la estrategia a diversas escalas del pastoreo.

AGRADECIMIENTOS

La investigación que da origen a los resultados presentados en la presente publicación recibió fondos de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación bajo el código POS_NAC_2015_1_10202.

BIBLIOGRAFÍA

- 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 Management*. 49: 386-400.
- BAILEY, D., PROVENZA, F. 2008. Mechanisms determining large – herbivore distribution. In: Prins, H, Van Langevelde, F. Eds. The Netherlands: Springer, Dordrecht. *Resource Ecology: Spatial and Temporal Dynamics of Foraging*. pp. 7-28.
- BAUMONT, R., PRACHE, S., MEURET, M., MORAND-FEHR, P. 2000. How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: a review. *Livest. Prod. Sci.* 64(1): 15-28.
- BERRETTA, E.J., RISSO, D.F., MONTOSI, F., FIGURINA, G. 2000. "Campos in Uruguay." In: 'International symposium on grassland ecophysiology and grazing ecology.' Wallingford Oxon: CABI Publishing. pp. 377-394.
- BROSH, A., GOLDBERG, S. 2017. Herd Moonitor Ltd. US Patent 2017/0325426 A1. [En línea] Disponible en: <https://patentimages.storage.googleapis.com/d9/cc/14/4bb25a0241e40e/US20170325426A1.pdf> (verified 30 January 2019)
- CHACON, E., STOBBS, T. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. *Australian J. Agr. Res.* 27: 709-729.
- DA TRINDADE, J., PINTO, C., NEVES, F., MEZZALIRA, J., BREMM, C., GENRO, T., TISCHLER, M., NABINGER, C., GONDA, H., CARVALHO, P. 2012. Forage allowance as a target of grazing management: Implications on Grazing Time and Forage Searching. *Rangeland Ecol. Manag.* 65: 382-393.
- DA TRINDADE, J.K., NEVES, F.P., PINTO, C.E., BREMM, C., MEZZALIRA, J.C., NADIN, L.B., GENRO, T.C.M., GONDA, H.L., CARVALHO, P.C.F. 2016. Daily forage intake by cattle on natural grassland: Response to forage allowance and sward structure. *Rangeland Ecol. Manag.* 69(1): 59–67.
- DO CARMO, M., CLARAMUNT, M., CARRIQUIRY, M., SOCA, P. 2016. Animal energetics in extensive grazing systems: Rationality and results of research models to improve energy efficiency of beef cow-calf grazing Campos systems. *J. Anim. Sci.* 94(6): 84-92.
- DO CARMO, M., SOLLENBERGER, L.E., CARRIQUIRY, M., SOCA, P. 2018. Controlling herbage allowance and selection of cow genotype improve cow-calf productivity in Campos grasslands. *The Professional Animal Scientist.* 34: 32-41.

- 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.
- GIBB, M., HUCKLE, C., NUTHALL, R. 1998. Effect of time of day on grazing behaviour by lactating dairy cows. *Grass Forage Sci.* 53: 41–46.
- GONCALVES, E. 2007. Comportamento ingestivo de bovinos e ovinos em pastagem natural da depressão central do Rio Grande do Sul. Tesis PhD, Porto Alegre, Brasil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 138p.
- GREGORINI, P., PAS, S., TAMMINGA, S., GUNTER, S. 2006. Review: Behavior and Daily Grazing Patterns of Cattle. *Professional Animal Scientist.* 22: 201–209.
- HAYDOCK, K.P., SHAW, N.H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian J. Agr. Sci. Anim.Husb.* 15: 663-670.
- 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-Australas. J. Anim. Sci.* 15(5): 745-750.
- HODGSON, J. 1990. *Grazing management: science into practice.* Harlow, UK. Longman Scientific and Technical: 203p.
- INUMET Instituto Uruguayo de Meteorología. 2019. Información meteorológica solicitada para fines educativos. [Datos sin publicar].
- 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.
- MEZZALIRA, J.C., BREMM, C., TRINDADE, J.K.D., GONDA, H.L., VIEIRA, P.C., CARVALHO, P.C.D.F. 2013. Ingestive Behaviour from the Feeding Station to Patch Level in Heterogeneous Environments. *Journal of Animal Science Advances.* 12: 613-623
- MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). 1976. Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay a escala 1:1.000.000. Montevideo. Ministerio de Agricultura y Pesca.
- MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). 2013. Anuario estadístico Agropecuario 2013 [En línea]. Dirección de estadísticas agropecuarias. Montevideo: MGAP. Consultado 20 de junio de 2019. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,754,O,S,0,MNU;E;27;9;MNU>
- MODERNEP, P., DOGLIOTTI, S., ALVAREZ, S., CORBEELS, M., PICASSO, V., TITTONELL, P., & ROSSING, W.A.H. 2018. Identification of beef production farms in the Pampas and Campos area that stand out in economic and environmental performance. *Ecological Indicators.* 89: 755–770.

- MOTT, G., LUCAS, H. 1952. The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In Proceeding of 6th International Grassland Congress. State College Press: Pennsylvania. Ed. Wagner, R.E.
- NABINGER, C., DE MORAES, A., MARASCHIN, G.E. 2000. Campos in southern Brazil. In: Lemaire, G., Hodgson, J., de Moraes, A., Nabinger, C., Carvalho, P.C.F. eds. Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. Cambridge: University Press. pp. 355-376.
- PAPARAMBORDA, I. 2017. ¿Qué nos dicen las prácticas de gestión del pastoreo en los predios ganaderos familiares sobre su funcionamiento y resultado productivo? Tesis MSc. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 126 p.
- PIAGGIO L. 1994. Pasture and animal traits associated with intake and selectivity of grazing steers on rangeland. Tesis PhD, Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 438p.
- PRACHE, S., GORDON, I.J., ROOK, A.J. 1998. Foraging behavior and diet selection in domestic herbivores. *Annales de Zootechnie*. 47: 335-345
- SAS INSTITUTE. 2002. 'SAS system for Windows.' Version 9.0. (SAS Institute Inc.: Cary, NC).
- SCARLATO, S. 2011. Conducta de vacas de cría en pastoreo de campo nativo, efecto de la oferta de forraje sobre la expresión del patrón temporal y espacial de pastoreo. Tesis MSc, Montevideo, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. 71p.
- SENF, R., COUGHENOUR, M., BAILEY, D., RITTENHOUSE, L., SALA, O., SWIFT, D. 1987. Large herbivore foraging and ecological hierarchies. *BioScience*. 37: 789–799.
- SOLLENBERGER, L., MOORE, J.E., ALLEN, V.G., PEDREIRA, C.G.S. 2005. Reporting forage allowance in grazing experiments. *Crop Science*. 45: 896-900.