

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**PATRÓN DE PASTOREO Y MOVIMIENTO DE VACAS PURAS Y  
CRUZA SOBRE CAMPO NATURAL BAJO DISTINTAS OFERTAS DE  
FORRAJE DURANTE LA GESTACIÓN MEDIA Y TARDÍA**

**por**

**Joaquín Matías CABRERA MARICHAL**

**Trabajo final de grado  
presentado como uno de los  
requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2023**

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

---

Ing. Agr. PhD. Pablo Soca

---

Ing. Agr. MSc. Martín Claramunt

Tribunal:

---

Ing. Agr. MSc. Martín Do Carmo

---

Ing. Agr. MSc. Oscar Herrera Conegliano

---

Ing. Agr. PhD. Jean Victor Savian

Fecha: 26 de setiembre de 2023

Estudiante:

---

Joaquín Matías CABRERA MARICHAL

## AGRADECIMIENTOS

A mis tutores, Ing. Agr. PhD. Pablo Soca e Ing. Agr. MSc. Martín Claramunt, por la oportunidad de realizar mi trabajo final de grado con el grupo, los aportes al trabajo y los aprendizajes recibidos durante todo este tiempo.

A los estudiantes de maestría Bruna Abib, Juan Garrido y Agustina Rivoir por su ayuda en la realización del trabajo experimental y su disposición a ayudarme en las etapas posteriores del trabajo.

Al personal de la Estación Experimental “Prof. Bernardo Rosengurt” que contribuyeron en la realización del trabajo experimental.

A mi familia y amigos por el apoyo brindado durante la carrera y la realización de este trabajo.

A la Facultad de Agronomía, por la formación académica y personal y por brindarme los medios para realizar la carrera.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS .....	3
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS .....	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT .....	8
1. INTRODUCCIÓN .....	9
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1. EFECTO DE LA OFERTA DE FORRAJE SOBRE LOS ATRIBUTOS ESTRUCTURALES DE LA PASTURA .....	12
2.2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS ANIMALES EN PASTOREO .....	14
2.2.1. El proceso de pastoreo y las escalas espacio-temporales de los patrones de distribución de los animales .....	14
2.3. SELECCIÓN DE PARCHE Y SITIO DE ALIMENTACIÓN .....	16
2.3.1. Factores que afectan la selección del área de alimentación a escala de parche y sitio de alimentación .....	16
2.3.2. Mecanismos de pastoreo.....	19
2.3.3. Efecto de la intensidad de pastoreo sobre el comportamiento en pastoreo, movimiento y distribución espacial de los animales .....	20
2.3.4. Efecto del grupo genético sobre el comportamiento en pastoreo, movimiento y la distribución espacial de los animales .....	28
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	36
3.1. SITIO EXPERIMENTAL .....	36
3.2. CONDICIONES METEREOLÓGICAS.....	36
3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS .....	38
3.4. ANIMALES EXPERIMENTALES .....	38
3.5. MEDICIONES EN LAS VACAS .....	38
3.6. MEDICIONES EN LA PASTURA.....	39
3.7. COMPORTAMIENTO ANIMAL EN PASTOREO .....	40
3.7.1. Geolocalización y estimaciones del movimiento de las vacas.....	40
3.7.2. Procesamiento de registros de RumiWatch para estudiar el comportamiento ingestivo .....	40
3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	41
4. RESULTADOS .....	43
4.1. ESTRUCTURA DE LA PASTURA.....	43

4.2. EFECTO DE LA OFERTA DE FORRAJE Y EL GRUPO GENÉTICO SOBRE EL TIEMPO DE PASTOREO, TASA DE BOCADOS, TIEMPO DE RUMIA, ÁREA EXPLORADA Y PORCENTAJE DE LA PARCELA EXPLORADA.....	44
4.3. CORRELACIONES ENTRE VARIABLES DE ESTRUCTURA, COMPORTAMIENTO INGESTIVO Y MOVIMIENTO.....	46
4.4. RELACIÓN ENTRE VARIABLES DE ESTRUCTURA DE FORRAJE, COMPORTAMIENTO, MOVIMIENTO Y CONSUMO DE ENERGÍA.....	49
5. DISCUSIÓN .....	50
6. CONCLUSIONES.....	55
7. BIBLIOGRAFÍA.....	56
8. ANEXO.....	63

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

<b>Cuadro No.</b>	<b>Página</b>
Cuadro 1. Escalas espacio-temporales de herbívoros en pastoreo .....	15
Cuadro 2. Trabajos evaluando el comportamiento ingestivo, movimiento y desplazamiento de vacunos bajo diferentes intensidades de pastoreo .....	21
Cuadro 3. Trabajos evaluando el comportamiento ingestivo, movimiento y desplazamiento de vacunos de distintos grupos genéticos .....	29
Cuadro 4. Peso vivo y condición corporal al inicio de cada período de muestreo .....	39
Cuadro 5. Atributos de la pastura para Alta y Baja Oferta de Forraje .....	43
Cuadro 6. Efecto de la OF, GG y OF*GG sobre variables de comportamiento animal en otoño .....	45
Cuadro 7. Efecto de la OF, GG y OF*GG sobre variables de comportamiento animal en invierno.....	46
Cuadro 8. Modelos de regresión lineal múltiple para explicar el consumo de energía neta de mantenimiento (Mcal/día).....	49
<b>Figura No.</b>	<b>Página</b>
Figura 1. Distancia diaria en vaquillonas en pastoreo de pastizal nativo a diferentes ofertas de forraje .....	26
Figura 2. Temperatura media respecto al año 2021 y al promedio histórico en la ciudad de Melo .....	37
Figura 3. Precipitaciones mensuales acumuladas respecto al año 2021 y al promedio histórico en la ciudad de Melo .....	37
Figura 4. Frecuencia de alturas de forraje en Alta (AOF) y Baja (BOF) Oferta de Forraje .....	44
Figura 5. Asociación entre el tiempo de pastoreo y el porcentaje de estrato alto en otoño .....	47
Figura 6. Asociación entre el área explorada por vaca y el porcentaje de estrato alto en otoño.....	47
Figura 7. Asociación entre la tasa de bocados y el porcentaje de estrato alto en otoño .....	47
Figura 8. Asociación entre la tasa de bocados y el porcentae de estrato alto en invierno.....	48

## RESUMEN

En este trabajo se estudió el efecto de la oferta de forraje (OF) y el grupo genético de la vaca (GG) sobre el comportamiento de pastoreo, comportamiento de rumia y el movimiento de vacas de carne multíparas gestantes pastoreando pastizales nativos. Las mediciones fueron realizadas en otoño e invierno de 2021, períodos correspondientes a la etapa de gestación media ( $114 \pm 26$  días de gestación) y gestación tardía ( $205 \pm 26$  días de gestación), respectivamente. Este estudio fue llevado a cabo en el predio de la Estación Experimental “Prof. Bernardo Rosengurtt” (EEBR – UdelaR), sobre un área de 49 ha, pertenecientes a un experimento de largo plazo, instalado en el año 2007, donde se estudian distintos niveles de OF, en vacas de cría manejadas en un sistema de pastoreo continuo de campo natural. El diseño experimental fue un arreglo factorial no replicado de OF y GG. En otoño se manejaron niveles de OF de 8 y 4 kg MS / kg PV para alta OF (AOF) y baja OF (BOF), respectivamente, y en invierno la OF en ambos tratamientos fue de 6 kg MS/ kg PV. En cada tratamiento de OF se evaluaron dos GG: vacas Puras (PU), de razas Aberdeen Angus y Hereford, y vacas Cruza F1 (CR), provenientes de los cruzamientos recíprocos entre razas Aberdeen Angus y Hereford. Una vez por estación, se registró el peso vivo y la condición corporal de las vacas y se midieron las variables de estructura del forraje. Los registros de comportamiento y movimiento se tomaron durante 8 y 10 días, en abril y julio, respectivamente. Se utilizaron 12 vacas experimentales en cada período de muestreo, a las que se les colocó un bozal RumiWatch, para registrar los patrones de comportamiento en pastoreo y de rumia, y un equipo GPS para tomar registros de localización. En ambos períodos, AOF presentó mayor masa de forraje y altura del dosel (2473 vs 1609 y 1939 vs 1653 kg MS/ha, respectivamente), mientras que el porcentaje de área cubierta por estrato alto fue el doble más alto (17 vs 5 y 15 vs 6%, respectivamente). Durante gestación media, en AOF disminuyó el tiempo de pastoreo (TP) ( $P < 0,01$ ) y la tasa de bocados (TB) ( $P < 0,01$ ), mientras que aumentaron el área explorada (AE) ( $P < 0,01$ ) y el porcentaje de la parcela explorada (%AE) ( $P = 0,02$ ). Las vacas CR disminuyeron la TB ( $P < 0,01$ ) y aumentaron el AE ( $P = 0,02$ ) y el %AE ( $P = 0,02$ ), comparado a las PU. Las vacas CR dentro de AOF disminuyeron el TP ( $P = 0,04$ ) y la TB ( $P < 0,01$ ) y aumentaron el AE ( $P < 0,01$ ), comparado a BOF. En gestación tardía, las vacas en AOF disminuyeron la TB ( $P < 0,01$ ) y aumentaron el tiempo de rumia (TR) ( $P < 0,01$ ) y el AE ( $P < 0,01$ ). Las vacas CR en AOF disminuyeron la TB ( $P < 0,01$ ). El comportamiento y la exploración a escala diaria y de sesión de pastoreo sugieren que las mismas modificaron la estrategia de pastoreo, asociado a la altura de la pastura y el porcentaje de área ocupada por estrato alto, lo cual significa que el forraje está espacialmente parcheado y que en estas condiciones las vacas decidieron modificar los costos de cosecha en términos de tiempo o la tasa de consumo y la rumia, integrando en la toma de decisiones la diferencia de altura entre estratos, el estado interno del animal y la condición corporal de la vaca, lo cual refleja la plasticidad en el comportamiento para satisfacer las necesidades de consumo.

*Palabras clave:* vacas de cría, comportamiento de pastoreo, comportamiento de rumia, exploración, selección, consumo de energía, oferta de forraje, campo natural

## ABSTRACT

In this work, the effect of forage supply (OF) and cow genetic group (GG) on grazing behavior, rumination behavior, and movement of pregnant multiparous beef cows grazing native pastures was studied. The measurements were made in autumn and winter of 2021, periods corresponding to the stage of middle gestation ( $114\pm 26$  days of gestation) and late gestation ( $205\pm 26$  days of gestation), respectively. This study was carried out in the Experimental Station "Prof. Bernardo Rosengurtt" (EEBR - UdelaR), on an area of 49 ha, belonging to a long-term experiment, installed in 2007, where different levels of FA are studied, in breeding cows managed in a continuous grazing system of natural grasslands. The experimental design was an unreplicated factorial arrangement of FA and GG. In autumn, FA levels of 8 and 4 kg DM/kg LW were managed for high FA (HFA) and low OF (LFA), respectively, and in winter the OF in both treatments was 6 kg DM/kg LW. Two GG were evaluated in each OF treatment: Pure cows (PU), from Aberdeen Angus and Hereford breeds, and Cross F1 cows (CR), from reciprocal crosses between Aberdeen Angus and Hereford breeds. Once per season for each plot, the live weight and body condition of the cows were recorded and the forage structure variables were measured. Behavior and movement records were taken for 8 and 10 days, in April and July, respectively. 12 experimental cows were used in each sampling period, which were fitted with a RumiWatch muzzle to record grazing and rumination behavior patterns, and GPS equipment to take location records. In both periods, HFA presented higher forage mass and canopy height (2473 vs 1609 and 1939 vs 1653 kg DM/ha, respectively), while the percentage of area covered by high stratum was twice as high (17 vs 5 and 15 vs 6%, respectively). During mid-gestation, in HFA the grazing time (GT) ( $P<0,01$ ) and the bite rate (BR) ( $P<0,01$ ) decreased, while the explored area (EA) ( $P<0,01$ ) and the percentage of the plot explored (%EA) ( $P=0,02$ ) increased. CR cows decreased BR ( $P<0,01$ ) and increased EA ( $P=0,02$ ) and %EA ( $P=0,02$ ), compared to PU. CR cows within AOF decreased GT ( $P=0,04$ ) and BR ( $P<0,01$ ) and increased EA ( $P<0,01$ ), compared to LFA. In late gestation, HFA cows decreased BR ( $P<0,01$ ) and increased rumination time (RT) ( $P<0,01$ ) and EA ( $P<0,01$ ). CR cows in HFA decreased BR ( $P<0,01$ ). The behavior and exploration at the daily scale and during the grazing session of cows in medium and late gestation suggest that they modified the grazing strategy, associated with the canopy height and the percentage of area occupied by high stratum, which means that the forage is spatially patchy and, in these conditions, the cows decided to modify the harvest costs in terms of time or the rate of intake and rumination, integrating into the decision-making the difference in height between strata, the internal state of the animal and the body condition of the cow, which reflects plasticity in behavior to satisfy intake needs.

*Keywords:* breeding cows, grazing behavior, rumination behavior, exploration, selection, energy intake, forage allowance, natural grasslands



## 1. INTRODUCCIÓN

La cría vacuna en Uruguay cuenta con los pastizales nativos de la región de Campos como el principal recurso forrajero para la alimentación del ganado. Diversos estudios reportan que el principal factor que limita la producción física de los sistemas criadores está dado por un limitado consumo de energía de las vacas durante el período otoño-invernal, lo cual se refleja en una pobre condición corporal al momento del parto. Esto se asocia a un prolongado anestro post-parto lo que reduce la probabilidad de preñez, explicando el bajo ingreso económico.

El pastoreo es el proceso en el cual los herbívoros consumen forraje para obtener energía y nutrientes con el fin de satisfacer sus requerimientos nutricionales. El pastizal nativo representa un ambiente con una alta heterogeneidad temporal y espacial en la distribución de los recursos, donde el animal debe tomar una serie de decisiones en diferentes escalas espacio-temporales para seleccionar la dieta. Entre las decisiones tomadas, se encuentran un adecuado balance entre la cantidad y calidad de forraje, así como un proceso de pastoreo eficiente en el tiempo y el espacio. Como consecuencia de estas decisiones, se producen modificaciones en el movimiento y patrón exploratorio de las vacas en la parcela (evaluados a través del área explorada, distancia recorrida, velocidad y sinuosidad de la ruta de desplazamiento) así como también en los patrones de comportamiento ingestivo (tiempo y número de sesiones de pastoreo y de rumia, tasa de bocados y de masticaciones de rumia). La manera en que los animales exploran el área tiene implicancias en el balance energético de los mismos, al regular simultáneamente el consumo de forraje y el costo energético del proceso de pastoreo. Por otra parte, el pastoreo afecta la productividad y la biodiversidad de los pastizales, así como el ciclado de nutrientes. El ajuste de la intensidad de pastoreo a través de la regulación de la carga animal es la principal variable de manejo que afecta el resultado físico y económico de los sistemas ganaderos de base pastoril, debido a que permite aumentar tanto la productividad de la pastura como la performance animal. Por lo antedicho, se considera importante conocer el efecto de diferentes intensidades de pastoreo sobre el movimiento y comportamiento ingestivo diario en vacas de cría de distinto genotipo, pastoreando en un ambiente muy heterogéneo como lo es el campo nativo.

La intensidad de pastoreo, regulada a través de la carga animal, altura del tapiz o el número de animales por hectárea, tiene un importante efecto sobre el movimiento y el comportamiento ingestivo de los animales a escala de parcela y sesión de pastoreo. Altas intensidades de forrajeo están asociadas a tapices con una baja heterogeneidad espacial y altura del tapiz que puede resultar limitante para el acceso del forraje por parte del ganado, por el contrario, intensidades de pastoreo demasiado bajas se han relacionado a una mayor dispersión en el espacio de los parches de forraje de buena calidad que permiten adecuadas tasas de consumo. Cuando la cantidad de forraje por animal es restrictiva, el ganado tiende a recorrer una distancia mayor, explorar una mayor área y pastorear por mayor tiempo, así como también muestra una menor selectividad por las zonas de mayor preferencia, expresando una mayor velocidad de desplazamiento y una

menor sinuosidad en la ruta de pastoreo. También se ha reportado un aumento en el área explorada y la distancia recorrida con intensidades de pastoreo demasiado bajas. En la actualidad, no hay trabajos en pastizales nativos que estudien, de forma conjunta, el movimiento y comportamiento en pastoreo de vacas de cría a escala diaria ante cambios en la oferta de forraje.

Se ha reportado que vacas Cruza F1, provenientes de los Cruzamientos recíprocos entre razas Aberdeen Angus y Hereford, presentan una mayor condición corporal entorno al parto y mayor peso vivo como resultado de una mayor eficiencia en el uso de la energía, comparado a vacas Puras de las respectivas razas parentales. Sin embargo, poco se sabe del comportamiento ingestivo en vacas de cría de ambos grupos genéticos, así como tampoco se conoce si las mismas expresan diferencias en el comportamiento exploratorio cuando son sometidas a diferentes intensidades de pastoreo. Estos resultados podrían contribuir a explicar los antecedentes encontrados a nivel productivo y las estrategias que siguen ambos grupos genéticos para explicar las diferencias en cuanto al consumo de nutrientes y la eficiencia en el uso de la energía.

El estudio de las variables relacionadas al movimiento y al comportamiento ingestivo en vacas de cría permite entender como el animal interactúa con la estructura del tapiz cuando se modifican la oferta de forraje (OF) y el grupo genético de la vaca (GG). Por otro lado, permite la posibilidad de asociar dichas variables de comportamiento y movimiento con la evolución del estado nutricional de los animales. En este sentido, el monitoreo del comportamiento en pastoreo se ha utilizado para predecir las ganancias de peso vivo en animales de recría o el balance de energía en pastizales por lo que estudiar las relaciones entre la conducta en pastoreo con el cambio de condición corporal y peso vivo en vacas de cría aportaría información relevante para la toma de decisiones por parte de los productores y así poder aumentar la productividad de los sistemas ganaderos.

En el presente trabajo se evaluó el efecto de la OF y GG sobre el movimiento y patrón de comportamiento ingestivo y de rumia a escala diaria, así como las asociaciones con el cambio de condición corporal en vacas de cría en etapa de gestación media y tardía en pastoreo de pastizales nativos.

**Objetivo general**

Evaluar el efecto de la oferta de forraje y el grupo genético de la vaca sobre el movimiento y patrón de comportamiento ingestivo a escala diaria y de sesión de pastoreo, así como su asociación con el consumo diario de energía en vacas de cría en etapa de gestación media y tardía en pastoreo de pastizales nativos.

**Objetivos específicos**

Estudiar el efecto de la oferta de forraje y el grupo genético sobre el patrón de movimiento y comportamiento ingestivo a escala de día y de sesión de pastoreo de vacas en gestación media y tardía.

Estudiar la asociación entre el comportamiento y movimiento con la estrategia de pastoreo y el consumo de forraje de las vacas.

**Hipótesis**

Al aumentar la oferta de forraje las vacas reducen el tiempo de pastoreo y la exploración y aumentan el tiempo de rumia, asociado a una mejora en la frecuencia de sitios de mayor altura.

Vacas cruza tendrán menor tiempo de pastoreo, mayor tiempo de rumia y cambios en la exploración.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. EFECTO DE LA OFERTA DE FORRAJE SOBRE LOS ATRIBUTOS ESTRUCTURALES DE LA PASTURA

En pasturas heterogéneas, como los pastizales nativos, la estructura, principalmente horizontal, es un factor importante en definir el movimiento y el comportamiento ingestivo de los herbívoros en pastoreo (Carvalho et al., 2007). Los principales atributos de la estructura en afectar el comportamiento de los animales en la pastura son la cantidad y altura de forraje en el estrato inferior y la heterogeneidad espacial del pasto, definida como la cobertura ocupada por el estrato alto (Da Trindade et al., 2012; Pinto et al., 2007).

La estructura de la pastura está definida por las características morfogenéticas de las especies que componen el tapiz y regulada por factores ambientales y por los herbívoros, principalmente a través de la intensidad y distribución espacial del pastoreo. Este último modifica el índice de área foliar y la composición morfológica de la pastura, por lo tanto, genera cambios en la disponibilidad y calidad del forraje (Carvalho et al., 2007; Hamidi et al., 2021).

Según Soca et al. (2013) diferencias en la intensidad de pastoreo a través de la carga animal a la cual se somete una pastura generan modificaciones en los atributos de la misma a corto o muy corto plazo y dicho efecto tiene interacción con la estación del año (E) y las condiciones ecológicas para la producción de forraje.

La OF, definida como los kilogramos de materia seca de forraje por cada kilogramo de peso vivo animal, es un método utilizado para regular la intensidad de pastoreo (Da Trindade et al., 2012; Da Trindade et al., 2016; Do Carmo, 2013), sin embargo, la OF per se no permite controlar ni predecir la estructura del tapiz debido al efecto de otros factores ambientales y su interacción con la intensidad de pastoreo, esto es, el manejo de distintas pasturas con la misma OF puede llevar a estructuras diferentes (Da Trindade et al., 2016).

La masa de forraje y la altura de las plantas tienden a aumentar a medida que la OF aumenta. En un estudio realizado en la región de Campos desarrollado desde primavera hasta mediados de otoño con OF fijas a lo largo del año de entre 4 y 16 kgMS/100kgPV/día, se encontró que existe una relación lineal y positiva entre la OF y la cantidad de forraje presente en la pastura, la cual varió desde valores muy bajos, con aproximadamente 600 kg MS/ha en la menor OF, a valores de alrededor de 2100 kg MS/ha en el nivel de OF más alto (Moojen & Maraschin, 2002). En Uruguay se han instalado experimentos sobre Campos, los cuales están ubicados sobre suelos de Basalto medio del litoral norte y sobre suelos profundos de la región Noreste. En dichos experimentos se estudiaron dos niveles de OF media anual con cambios estacionales. En ambos sitios, la cantidad de forraje de todo el potrero (incluyendo el estrato alto), fue mayor en 5kgMS/kgPV, comparado con OF de 3kgMS/kgPV. En Basalto se registró un aumento de 1212 a 1474 kgMS/ha (Claramunt et al., 2018) y en Noreste de 910 a 1650kg/ha (Do Carmo et al., 2018).

Algunos autores consideran la heterogeneidad espacial como la cantidad de sitios preferencialmente pastoreados (estrato bajo) en relación a los sitios poco pastoreados (estrato alto) (Carvalho et al., 2007). El estrato inferior está integrado por gramíneas y leguminosas postradas, de mayor valor nutritivo, mientras que el estrato superior está formado por especies cespitosas que tienden a formar maciegas y a acumular material senescente al no ser preferidas por los animales (Pinto et al., 2019). El estrato alto es menos importante desde el punto de vista de la dieta del animal, pero puede afectar el desplazamiento y la selectividad (Pinto et al., 2019).

Según Cid y Brizuela (1998), en una pastura compuesta por *Festuca arundinacea*, el porcentaje del área ocupada por parches altamente pastoreados pasó de 20% a 87% al reducir la carga de 2 a 4 novillos de 200kg de peso vivo por hectárea. Hamidi et al. (2021) reportaron que, a mayor OF, mayor es la heterogeneidad espacial del forraje, lo que significa que las áreas de parches bajos están más dispersas. Pinto et al. (2019) señalan que con OF fijas durante el año cercanas a 4kgMS/100kgPV/día el área ocupada por maciegas es despreciable (2%) mientras que puede alcanzar valores de hasta 41% del área con OF en torno a 16kgMS/100kgPV/día. Conforme se aumenta la OF, el tapiz pasa de tener un solo estrato homogéneo, en OF entorno a 4kgMS/100kgPV/día, a un tapiz configurado en una estructura bimodal (doble estrato), en OF entre 12 y 16kgMS/100kgPV/día, formando un mosaico compuesto por ambos estratos (Da Trindade et al., 2012).

Trabajos realizados en Brasil para la región de Campos han encontrado que niveles variables de OF a lo largo del año permiten modificar la estructura de la pastura. En este sentido, se ha reportado que, con un aumento en la intensidad de pastoreo en la primavera seguido por un aumento en la cantidad de pasto en el resto del año, es posible reducir la proporción del estrato alto si se compara con OF mayores y aumentar la altura y calidad del estrato inferior si se compara con niveles de OF menores (Soares et al., 2005). Pinto et al. (2019) reportan que el porcentaje de estrato alto formado por maciegas fue 35% con OF de 12 kgMS/100kgPV/día fija durante el año, mientras que, con OF de 8 kgMS/100kgPV/día en primavera y 12kgMS/100kgPV/día el resto del año, el porcentaje de estrato alto disminuyó a 27%. Este efecto es atribuido a un mayor consumo de estrato alto en los meses en donde se da la mayor tasa de crecimiento de la pastura y a un mayor control de la inducción reproductiva de los macollos, evitando que el estrato alto se forme en esta época (Carvalho et al., 2007; Pinto et al., 2019).

Existe una respuesta lineal y negativa entre el aumento de OF y la proteína bruta (PB) y digestibilidad de la materia orgánica (DMO) promedio del forraje cuando la OF aumenta de 4 a 16kgMS/kgPV/día (Moojen & Maraschin, 2002). Esto está asociado a la reducción en la proporción del área ocupada por parches de estrato bajo y al avance en el estadio de desarrollo de las plantas forrajeras presentes en el tapiz al aumentar la disponibilidad de forraje (Cid & Brizuela, 1998). Pinto et al. (2019) señalan que un aumento en la OF de 4 a 16kgMS/kgPV/día a lo largo del año, tiene como consecuencia una reducción en el contenido de PB (12 a 9,5%) y un aumento en el contenido de fibra detergente neutro (FDN) promedio de la pastura (71,5 a 77,6%). Por otro lado, Dumont, Garel

et al. (2007) reportaron una caída en el contenido de nitrógeno y en la DMO a lo largo de la estación de crecimiento del forraje, desde primavera hasta otoño, tanto en lo parches bajos como en los altos.

## 2.2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS ANIMALES EN PASTOREO

### 2.2.1. El proceso de pastoreo y las escalas espacio-temporales de los patrones de distribución de los animales

Los herbívoros, en condiciones pastoriles, deben obtener nutrientes, mantener el equilibrio térmico e interactuar socialmente con otros individuos de la manada para mantenerse a sí mismos y a la especie (Stuth, 1991).

Según Bailey y Provenza (2008), la distribución y movimiento de los animales en el tiempo y el espacio refleja los patrones involucrados en el proceso de selección de la dieta. Estos patrones son el resultado de una serie de decisiones tomadas por los animales a diferentes escalas espacio-temporales sobre qué y donde pastorear, las cuales son organizadas en un sistema jerárquico (Bailey et al., 1996; Stuth, 1991).

Bailey et al. (1996) propusieron un modelo integrado por seis escalas espacio-temporales clasificadas en base a la frecuencia con que se producen y la extensión espacial de los comportamientos característicos de cada una de estas (Cuadro 1).

**Cuadro 1***Escalas espacio-temporales de herbívoros en pastoreo*

<b>Escala espacial</b>	<b>Escala temporal</b>	<b>Definición comportamental</b>	<b>Criterio de selección</b>	<b>Mecanismos involucrados</b>
Bocado	1-2 segundos	Movimientos mandibulares, de lengua y cuello	Concentración de nutrientes, toxinas y compuestos secundarios. Tamaño de plantas	Tasa de consumo. Selección de la dieta, consecuencias posingestivas
Estación de alimentación	5-100 segundos	Posición de las patas delanteras	Abundancia y calidad de forraje, especies de plantas. Interacciones sociales	Velocidad de tránsito, tasa de consumo, frecuencia de retorno
Parche	1-30 minutos	Reorientación hacia un nuevo lugar. Intervalos entre pastoreos	Abundancia y calidad de forraje, especies de plantas. Interacciones sociales y topografía	Velocidad de tránsito, tasa de consumo, frecuencia de retorno y memoria espacial
Sitio de alimentación	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. Termoregulación, competencia	Migración y memoria espacial
Región de pastoreo	1 mes – 2 años	Dispersión y migración	Disponibilidad de agua, abundancia de forraje. Termoregulación, competencia	Migración y dispersión

*Nota.* Adaptado de Bailey et al. (1996).

La toma de decisiones a mayores escalas espaciales y temporales ocurre con menor frecuencia que la toma de decisiones a menores escalas, sin embargo, las consecuencias para el animal de las decisiones relacionadas a escalas espacio temporales mayores son más importantes y pueden limitar los comportamientos producidos a escalas inferiores (Bailey et al., 1996; Senft et al., 1987). Por otro lado, los animales pueden integrar la información generada a partir de las consecuencias de las decisiones tomadas a pequeña escala (bocado, estación de pastoreo y parche) para tomar decisiones a niveles superiores (sitio de alimentación, campos y regiones de pastoreo; Bailey et al., 1996).

El bocado es la escala más pequeña y está definida por la secuencia de prehensión del forraje, movimientos mandibulares y de la lengua y corte del mismo. La estación de alimentación es el área pastoreada por el animal sin mover sus patas delanteras. Un parche es un conjunto de estaciones de alimentación y se define por un detenimiento en la secuencia de pastoreo previa y una nueva reorientación a una nueva ubicación por parte del animal. Un sitio de alimentación se compone por un conjunto de parches ubicado en un área del paisaje específica donde los animales pastorean por un período de tiempo, denominado sesión de pastoreo, el cual es precedido y seguido por actividades de no pastoreo como descanso, rumia u otro tipo de actividad distinta (Bailey et al., 1996).

## 2.3. SELECCIÓN DE PARCHE Y SITIO DE ALIMENTACIÓN

### 2.3.1. Factores que afectan la selección del área de alimentación a escala de parche y sitio de alimentación

En el proceso de pastoreo, los animales deben seleccionar primero la zona del paisaje en la cual se van a localizar, en la cual seleccionarán las especies forrajeras y las partes de las mismas de las cuales alimentarse (Stuth, 1991). Múltiples factores intervienen en la selección del sitio de alimentación, por lo que los animales raramente realizan un proceso de libre elección (Coughenour, 1991).

Las decisiones tomadas por los animales a escala de sitio de alimentación tienen como objetivo una buena y balanceada ingesta de nutrientes, minimizar el nivel de toxinas en la dieta y optimizar el tiempo y costo energético empleado en los desplazamientos, por lo que es posible que en ciertos momentos forrajeen en áreas donde la tasa de consumo no es óptima y/o son menos preferidas (Bailey et al., 1996; Senft et al., 1987; Stuth, 1991). Los factores que modifican la selección de los sitios de alimentación han sido clasificados como factores bióticos y abióticos, los cuales interactúan entre sí. La configuración de los recursos forrajeros interactúa, junto con los factores abióticos, con las necesidades de los animales para determinar la distribución del comportamiento de los animales en el espacio (Stuth, 1991).

#### 2.3.1.1. Factores bióticos

La cantidad y valor nutritivo de los recursos forrajeros afectan los patrones de distribución de los animales en pastoreo, ya que determinan el nivel de nutrientes existentes en un lugar dado. A escala de sitio de alimentación, la cantidad de tiempo que los herbívoros pasan en una comunidad vegetal es proporcional a la calidad y cantidad de forraje disponible en la misma (Bailey et al., 1996; Senft et al., 1987). Los animales suelen preferir sitios de alimentación



ricos en nutrientes y una vez que estos se agotan se desplazan hacia otras zonas menos preferidas de menor calidad y/o cantidad de forraje (Bailey & Provenza, 2008; Senft et al., 1987; Stuth, 1991). Las preferencias del ganado en cuanto al valor nutritivo de las áreas de alimentación, están dadas por sitios con altos niveles de proteína cruda y digestibilidad y bajos niveles de fibra (Rivero et al., 2021). Por lo tanto, las preferencias por las comunidades vegetales son dinámicas en el tiempo y varían estacionalmente debido a variaciones fenológicas y climáticas, lo que puede hacer variar la selección de la ubicación en el paisaje a lo largo del año (Stuth, 1991).

En situaciones de cantidad limitante de forraje, pero de alta calidad del mismo, los grandes herbívoros priorizan maximizar la tasa de consumo de materia seca sobre el valor nutritivo de la misma, prefiriendo áreas con alta disponibilidad de forraje (Bailey et al., 1996). Dumont, Rook et al. (2007) reportan que, en pasturas de alta productividad y cantidad de forraje, pero de baja diversidad de especies, el ganado selecciona parches bajos previamente pastoreados, principalmente con pastoreos laxos, asociado a que estas son las áreas de mayor valor nutritivo y debido a la alta tasa de rebrote de la pastura, no limita la tasa de consumo. En pastizales con menor productividad y cantidad de forraje, pero con alta calidad y heterogeneidad espacial de la vegetación, los animales adoptan un pastoreo más homogéneo, y sin diferencias en función de la intensidad de pastoreo. Sin embargo, esta selección puede variar a lo largo del tiempo en función de la disponibilidad y valor nutritivo del forraje. Si bien la selección de parches bajos se mantiene a lo largo de la estación de crecimiento del forraje, la selección de los mismos disminuyó mientras que aumentó la preferencia por los parches altos como respuesta a la caída en cantidad y calidad del forraje (Dumont, Garel et al., 2007). En pastizales nativos de similares características a los de Uruguay, Díaz Falú et al. (2014) reportan que el ganado vacuno evita las comunidades vegetales compuestas por pastos bajos y ricos en nutrientes, debido a las bajas posibilidades de lograr un adecuado nivel de consumo en las mismas.

Se ha demostrado que existen otros factores que intervienen en la selección de la dieta y del sitio de alimentación además de la cantidad y calidad de los recursos forrajeros y su distribución en el espacio. Bailey y Provenza (2008) señalan que los herbívoros buscan una alta diversidad de alimentos en la dieta, por lo tanto, puede que se desplacen de un sitio de alimentación a otro, aunque la disponibilidad de nutrientes siga siendo alta, lo que le permite al animal obtener una dieta nutritiva, reducir la ingestión de toxinas, optimizar los tiempos de forrajeo y rumia, probar alimentos y mantener una microflora diversa en el rumen.

#### 2.3.1.2. Factores abióticos

A escala de sitio de alimentación y parche, los factores abióticos son los principales determinantes de los patrones de distribución de los grandes herbívoros en pastoreo y además tienen una importante influencia en la selección de sitios para otras actividades como descanso y rumia. Estos factores actúan limitando la distribución espacial en ciertas áreas dentro de las cuales operan los factores bióticos (Bailey et al., 1996; Stuth, 1991).

Las decisiones tomadas por herbívoros en pastoreo ocurren dentro de una jerarquía de necesidades fisiológicas que definen las actividades y

distribución de los mismos en los pastizales, siendo el agua la necesidad fisiológica de mayor prioridad. Por lo tanto, la ubicación de las fuentes de agua es considerada el factor más importante en definir el movimiento de los animales ya que los grandes herbívoros orientan su estrategia de pastoreo entorno a estos puntos (Bailey et al., 1996; Rivero et al., 2021; Senft et al., 1987; Stuth, 1991). Según Senft et al. (1987) la distancia recorrida por los animales desde la fuente de agua nunca supera los 1,6km. Sin embargo, en situaciones en las cuales los puntos de abrevadero están bien distribuidos en el potrero, los mismos son utilizados de manera diferencial (Johnson et al., 2016), lo que permite concluir que cuando el agua no es un factor limitante, existen otros factores que intervienen en la selección del sitio de alimentación (Rivero et al., 2021).

Sitios con pendientes pronunciadas, con baja accesibilidad y con accidentes topográficos es probable que sean poco visitados por los herbívoros independientemente de la distancia a las fuentes de agua (Bailey & Provenza, 2008; Stuth, 1991). Según Bailey y Provenza (2008), los animales prefieren terrenos con pendiente suave y evitan aquellos con pendientes superiores al 20%.

La temperatura del aire es un factor importante sobre la distribución de los animales. Cuando ocurren altas temperaturas, puede provocar estrés térmico en los animales, los cuales buscan la sombra como respuesta para la termorregulación, lo cual puede afectar los patrones de distribución espaciales, siendo este efecto aún mayor si la fuente de sombra está cercana a la fuente de agua (Rivero et al., 2021). En condiciones de bajas temperaturas y ventosas, generalmente el ganado busca zonas protegidas del viento, y durante la noche evita zonas bajas debido a que las mismas son más frescas (Bailey & Provenza, 2008).

Los puntos de suministro de sal y suplemento funcionan como atrayentes y pueden modificar los patrones de pastoreo, aumentando la frecuencia de uso de ese lugar (Bailey & Provenza, 2008). Según Senft et al. (1987), la permanencia de los animales en zonas cercanas a estos puntos es menos afectada por la disminución en la disponibilidad de forraje. Rivero et al. (2021) encontraron que el efecto de los puntos de suplementación tiene interacción con la carga animal, ya que cuando el ganado se maneja a altas cargas pastorea más lejos de estos puntos comparado a cargas moderadas, indicando una mayor preferencia por estas áreas cuanto menor es la carga en el potrero.

#### 2.3.1.3. Características animales

Las características anatómicas (tamaño corporal) y fisiológicas del animal pueden limitar las dimensiones absolutas de los comportamientos que se producen en las distintas escalas espacio-temporales y los vínculos entre los mismos (Bailey et al., 1996; Stuth, 1991). A su vez, existen diferencias entre individuos de la misma especie en cuanto a sus patrones de distribución debido a diferencias en las necesidades nutricionales, tolerancia a las toxinas, experiencia en las primeras etapas de vida y a que las preferencias de los sitios de alimentación podrían ser en parte heredables (Bailey & Provenza, 2008).

### 2.3.2. Mecanismos de pastoreo

Bailey et al. (1996) definieron mecanismo de pastoreo como el proceso o los procesos que ocurren en el animal y que dan lugar a un patrón de pastoreo. Si bien no están claros, Bailey et al. (1996) proponen que existen mecanismos cognitivos y no cognitivos, en función de si el mismo involucra o no el uso de la memoria espacial y el aprendizaje por parte del animal en el proceso de selección del sitio de alimentación.

#### 2.3.2.1. Mecanismos no cognitivos

Según Bailey et al. (1996) los animales se mueven más lentamente, por lo tanto, permanecen más tiempo, en las áreas del paisaje donde hay mayor abundancia de nutrientes, debido a que pasan más tiempo alimentándose que desplazándose y requieren mayor tiempo para procesar la ingesta.

Bailey et al. (1996) y Senft et al. (1987) encontraron que, durante el pastoreo, los animales presentan mayor tortuosidad, es decir, mayor frecuencia y ángulo de giro en el desplazamiento, en comunidades vegetales más productivas y diversas, lo que podría estar asociado a una mayor cantidad de tiempo que el animal permanece en dichas áreas.

La tasa de consumo está relacionada con la disponibilidad de forraje, ya que la misma está explicada en gran parte por la altura del tapiz, la cual es la principal determinante del peso del bocado, principal variable del comportamiento ingestivo en definir la tasa de consumo (Bailey et al., 1996).

#### 2.3.2.2. Mecanismos cognitivos

El ganado posee memoria espacial capaz de almacenar información recabada anteriormente, lo que le permite evitar lugares indeseables y recordar zonas con altos niveles de nutrientes, aumentando la optimización del pastoreo (Bailey et al., 1996). Según los autores, la información almacenada en la memoria espacial puede durar más de 20 días, siendo más persistente en el tiempo aquella información relacionada a sitios indeseables. Por otro lado, el valor de la información también disminuye con el tiempo, esto implica que la influencia de la experiencia previa disminuye con el tiempo.

Por otra parte, los herbívoros tienen gran capacidad de percibir señales visuales y olfativas y asociarlas con la ubicación de los alimentos a escalas pequeñas. Sin embargo, no está claro que los sitios de alimentación puedan ser percibidos directamente (Bailey et al., 1996).

A través de la retroalimentación de la ingesta generada a partir de receptores sensoriales y viscerales que captan las características organolépticas del alimento y las consecuencias post-ingestivas del mismo (nivel de nutrientes y toxinas) el animal integra dicha información para optimizar los pastoreos siguientes (Bailey & Provenza, 2008). La interacción de animales experimentados con otros sin experiencia permite acelerar el proceso de aprendizaje del área y las especies forrajeras disponibles (Stuth, 1991).

La experiencia previa que tenga el animal con el hábitat y con las especies forrajeras disponibles en diversas condiciones climáticas juega un rol

importante en la capacidad del mismo para optimizar las estrategias de pastoreo y en la distribución espacial (Bailey & Provenza, 2008; Stuth, 1991).

Este mecanismo sugiere que los animales seleccionan la mejor alternativa disponible en todo momento y toman la decisión de moverse a otra zona del paisaje cuando el nivel de recursos en la zona en la que están desciende por debajo del algún umbral, el cual es dinámico y depende fundamentalmente de características del animal (estado fisiológico y experiencia previa) y características de la pastura (calidad y nivel de toxinas) (Bailey et al., 1996).

Senft et al. (1987) sugieren que los herbívoros toman la decisión de abandonar un parche en función de la tasa de consumo en el parche actual, la tasa de consumo esperada en otras parcelas y el costo energético de moverse a un nuevo parche, permaneciendo en el mismo hasta que el forraje disminuya por debajo de algún umbral. Según los autores, en los parches pobres en forraje los umbrales se alcanzan más rápidamente que en los parches más ricos explicando el mayor tiempo de permanencia en estos últimos.

### 2.3.3. Efecto de la intensidad de pastoreo sobre el comportamiento en pastoreo, movimiento y distribución espacial de los animales

En el Cuadro 2 se muestran trabajos que evaluaron la influencia de la intensidad de pastoreo, a través de la OF de forraje, carga animal o altura del forraje, sobre los patrones de comportamiento, movimiento y distribución espacial de los animales a escala diaria.

Los antecedentes presentados en el Cuadro 2 para diversos ambientes, muestran que la intensidad de pastoreo es un factor importante en las decisiones involucradas en el comportamiento en pastoreo, el movimiento y la distribución espacial del ganado en pastoreo. Sin embargo, los resultados encontrados por Tomkins et al. (2009) muestran que no hubo efecto de la intensidad de pastoreo sobre la distribución de los animales en la pastura, ni sobre las distancias recorridas, lo cual podría deberse a condiciones de escasez de precipitaciones, que determinaron una baja disponibilidad de forraje, lo cual llevó a los animales a explorar grandes áreas de la pastura (85% de la parcela) para mantener consumos adecuados. Lo anterior podría demostrar que el efecto de la intensidad de pastoreo es dependiente de otros factores.

Diversos estudios concuerdan que cuando el animal se enfrenta a una mayor asignación de forraje, como consecuencia de una mayor disponibilidad de forraje y/o una menor carga animal, estos exploran diariamente una menor área del potrero (Sawalhah et al., 2016; Stella, 2018). Díaz Falú et al. (2014) reportan que el ganado regula el área diaria explorada durante el pastoreo en función de la biomasa disponible de la comunidad vegetal más seleccionada, explorando una mayor área cuando la biomasa de la comunidad es menor. Dumont, Garel et al. (2007) reportan que, hacia el final de la estación de pastoreo, cuando la cantidad y valor nutritivo del forraje disminuyen, las vaquillonas del tratamiento de carga baja y moderada aumentan proporcionalmente más el área explorada respecto a las vaquillonas del tratamiento de carga alta lo cual podría indicar que los animales mantenidos con intensidades de pastoreo moderadas o bajas mantienen el comportamiento exploratorio, es decir, son más selectivos ante una caída en la cantidad de forraje.

**Cuadro 2**

*Trabajos evaluando el comportamiento ingestivo, movimiento y desplazamiento de vacunos bajo diferentes intensidades de pastoreo*

Autor	Ambiente	Animales	Tratamientos	Momento del año	Movimiento	Preferencia de uso de los sitios	Comportamiento en pastoreo	Comportamiento de rumia								
Stella, 2018 (Argentina)	Pastizal nativo del bioma Pampas	Vacas de cría	Pampa Austral (alta MF debido a un diferimiento de forraje) Pampa deprimida (menor disponibilidad de pasto que pampa austral).	Invierno y primavera	AE: Pampa Austral: 20,81b Pampa deprimida: 39,85a  DIS: Austral: 4754 a Pampa deprimida: 7863 b		TP no es afectado por la zona y es afectado por la E (p<0,01): PRI: 70% del día INV: 62% del día.									
Tomkins et al., 2009 (Australia)	Pastizal nativo de eucaliptus y acacias. <table border="1" data-bbox="380 818 638 935"> <tr> <td></td> <td>MF</td> <td>COB</td> </tr> <tr> <td>Alta</td> <td>236</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>Baja</td> <td>965</td> <td>33</td> </tr> </table>		MF	COB	Alta	236	28	Baja	965	33	Novillos Brahaman 330kgPV	Alta: 4ha/EA Baja: 8ha/EA	Oct-Nov (estación seca) Feb-Mar (estación húmeda).	DIS (sin DS): Alta = 6967 Baja = 6262	El índice de preferencia para las zonas delimitadas dentro de cada parcela no fue afectado por la carga animal.	
	MF	COB														
Alta	236	28														
Baja	965	33														

<p>Scarlato, 2011 (Uruguay)</p>	<p>Pastizal nativo. MF / ALT: <b>PRI-2007:</b> AOF: 1628 / 3,5 BOF: 1297 / 2,6 <b>PRI-2008:</b> AOF: 1486 / 2,7 BOF: 1301 / 1,9 <b>OTO-2008:</b> AOF: 2841 / 4,9 BOF: 1995 / 3,0 <b>INV-2008:</b> AOF: 1296 / 2,7 BOF: 1073 / 1,8 <b>PRI-2009:</b> AOF: 1702 / 3,6 BOF: 1262 / 2,7 <b>INV-2009:</b> AOF: 858 / 2,4 BOF: 519 / 1,5</p>	<p>Vacas Hereford, Angus y Hereford xAngus en GTE, GTA y LAC. 455kgPV</p>	<p>OF: AOF: 5 BOF: 3</p>	<p>Otoño (GTE), invierno (GTA) y primavera (LAC).</p>		<p>El índice de preferencia relativa para las zonas topográficas bajo, ladera y alto no fue afectado por la OF.</p>	<p>TP <b>PRI</b> (p&lt;0.05) BOF: 753 AOF: 718 <b>OTO</b> (p&lt;0.01) BOF: 760 AO:697 <b>INV</b> (p=0.35) BOF: 743 AOF: 758</p>	<p>TR <b>PRI</b> (p&lt;0.05) BO: 482 AO: 519 <b>OTO</b> (p&lt;0.05) BO: 474 AO: 512 <b>INV</b> (p&lt;0.01) BO: 395 AO: 436</p>
<p>Sawalhah et al., 2016 (Estados Unidos)</p>	<p>Clima semiárido Pastura natural con 55% de pastizal abierto y 45% de bosque.  MF Período 1= 303 Período 2= 249  OF Período 1= 0,87 Período 2= 3,32</p>	<p>Vacas Angusx Hereford  450kgPV</p>	<p>Período 1: 1,94ha/animal Período 2: 4,45ha/animal</p>	<p>Fin de invierno - Inicio de primavera.</p>	<p>AE (P&lt;0.001): Período 1= 31,30 Período 2= 13,22  DIS (P&lt;0.001): Período 1= 6040 Período 2= 5010</p>	<p>Mayor preferencia por las áreas boscosas en período 2.</p>		

<p>Hamidi et al., 2021 (Alemania)</p>	<p>Pastura semi-natural.</p> <p>MF / OF</p> <p><b>PRI-2017</b> M: 2350a / 0,9a L: 3190ab / 1,7b ML: 3550b / 2,8c</p> <p><b>PRI-2019</b> M: 1070a / 0,4a L: 2030b / 1,1b ML: 2190b / 1,8c</p> <p><b>OTO-2019</b> M: 995a / 0,5a L: 1968b / 0,7ab ML: 2151b / 1,4b</p> <p><b>PRI-2020</b> M: 809a / 0,7a L: 1561b / 1,2b ML: 1722b / 1,3b</p>	<p>Vacas Flackvieh</p> <p>680kgPV</p> <p>Estado fisiológico: Vacas preñadas, no lactantes.</p>	<p>3 alturas del tapiz:</p> <p>M= 6cm L=12cm ML=18cm</p>	<p>Estación de pastoreo (abril a octubre).</p>	<p>Distribución espacial: Distribución más homogénea dentro de la parcela de mayor intensidad de pastoreo.</p> <p>DIS: 2017 Primavera M=3642 b L=2958 a ML=2901 a</p> <p>2019 Primavera (sin DS) M= 3542 L= 2592 ML= 3108</p> <p>Otoño M=3773 b L=3329 a ML=3653 b</p> <p>2020 Primavera (sin DS) M= 3680 L= 3701 ML= 3929</p>			
---	---	--	--	--	--	--	--	--

Anderson y Kothmann, 1980 (Estados Unidos)	<p>Pastura natural.</p> <p>Carga (cab/ha) 5,56</p> <p>Al avanzar la estación de crecimiento del forraje, los autores mencionan que la cantidad y valor nutritivo del forraje disminuye.</p>	Vaq Hereford	<p><b>Pastoreo rotativo</b> (alta intensidad de pastoreo, 28 días de ocupación y 112 días de descanso).</p> <p><b>Pastoreo continuo</b></p>	Agosto a diciembre	<p>DIS: Rotativo Ago: 5500 Set: 3700 Oct: 3100 Nov: 2900 Dic:2600</p> <p>Continuo Ago: 6000 Set: 4700 Oct: 5800 Nov: 4800 Dic: 4500</p>			
Dumont, Garel et al., 2007 (Francia)	<p>Pastizal natural montañoso.</p> <p>Se consideró parche alto cuando la altura del forraje superó los 7cm de altura.</p> <p>MF / ALT Período 1: A: 2250 / 15 M: 2250 / 13 B: 3000 / 17 Período 2: A: 1750 / 11 M: 2750 / 15 B: 3500 / 18 Período 3: A: 1500 / 5 M: 2000 / 6 B:3250 / 16</p>	Vaq Charolais	<p>Carga alta (A): 1,4LU/ha Carga moderada (M): 1LU/ha Carga baja (B): 0,6LU/ha</p>	<p>Período 1: Primavera (previo a la floración de la pastura) Período 2 Verano (período de mayor heterogeneidad estructural de la pastura) Período 3 Otoño (fin de estación de crecimiento)</p>	<p>% de área pastoreada acumulada: Período 1: A: 21 M: 20 B:12 Período 2: A: 55 M: 40 B: 25 Período 3: A: 85 M: 80 B: 65</p> <p>DIS: Según carga (sin DS): A: 4670 M: 4410 B: 4140 Según período: Período 1: 4730 a Período 2: 4090 b</p>		<p>TP (min/día) (p&lt;0.05) A: 507 a M: 499 ab B: 480 b</p> <p>TB (bocados/minuto) (p&lt;0.01) A: 56.7 a M: 54.5 a B: 50.7 b</p>	



Schoenbaum et al., 2017 (Israel)	<p>Clima mediterráneo (inviernos templados y veranos calientes y secos).</p> <p>Vegetación compuesta por bosque de roble (dominante), matorrales y vegetación herbácea. Año 1 fue relativamente más seco que año 2. El invierno previo al año 2 fue lluvioso.</p>	Vacas de cría Baladi x Hereford  500kg PV	Carga (animales/ha) Alta (A): 0,55 Moderada (M): 0,33	Primavera, verano y otoño.	<p>Distancia de: <b>Alambrado</b> Alta: 91m Baja: 65m <b>Agua</b> Alta: 698m Baja: 638m <b>Comedero</b> Alta: 672m Baja: 503m</p> <p>En baja carga exploran zonas de mayor accesibilidad (tendencia).</p>	<p>Carga moderada Garriga arbustiva: R Bosque abierto: I Bosque denso: I</p> <p>Carga alta Garriga arbustiva: R Bosque abierto: P Bosque denso: P / I</p> <p>En baja carga exploran zonas más accesibles (tendencia).</p>	<p>TP (hs/día)</p> <p>AÑO 1: PRI: A: 714a M: 690a VER: A: 564b M: 492c OTO: A: 552bce M: 534bce</p> <p>AÑO 2: PRI: A: 738a M: 678b VER: A: 474d M: 504cd OTO: A: 564c M: 504cd</p>	
----------------------------------	---	---	---	----------------------------	---	---	--	--

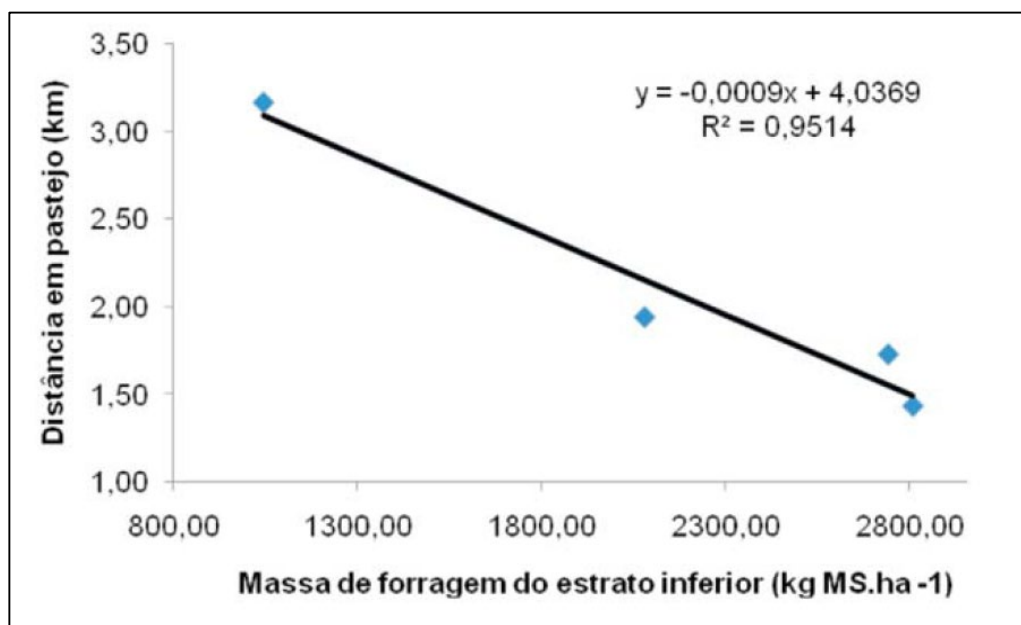
*Nota.* EA (equivalente animal)= 450kgPV. Cab= Cabezas de ganado. Vaq= Vaquillonas. PV= Peso vivo. GTE= Gestación temprana. GTA= Gestación tardía. LAC= Lactación. DS: Diferencias significativas. VER= Verano. OTO= Otoño. INV= Invierno. PRI= Primavera. AE= Área explorada por vaca (ha/animal/día). DIS= Distancia diaria caminada (m/día). M= Pastoreo moderado; L= Pastoreo laxo; ML= Pastoreo muy laxo. MF= Masa de forraje (kgMS/ha). MFV= Masa de forraje verde (kgMS/ha). ALT= Altura de forraje (cm). OF= Oferta de forraje (kgMS/kgPV). COB= Suelo cubierto (%). AOF= Alta oferta de forraje. BOF= Baja oferta de forraje. TP= Tiempo de pastoreo. TB= Tasa de bocados. TR= Tiempo de rumia. E= estación del año. P= Preferencia. I= Indiferencia. R= Rechazo.

Cuando la cantidad de forraje por animal es limitada, los grandes herbívoros tienden a fragmentarse en pequeños grupos, a dispersarse en un área más amplia y aumentar la uniformidad en el área explorada (Dumont, Garel et al., 2007; Hamidi et al., 2021; Stuth, 1991).

Resultados obtenidos por diversos autores, muestran que la distancia diaria recorrida por los animales es mayor cuanto menor es la asignación de forraje, lo que está directamente relacionado a la mayor duración del tiempo de pastoreo (Hamidi et al., 2021; Sawalhah et al., 2016; Stella, 2018). En un estudio realizado en verano, donde se evaluó el movimiento de vaquillonas en un pastizal nativo de la región de Campos, con niveles de OF fijos durante el año que variaban entre 4 a 16kgMS/100kgPV/día, Genro y Nabinger (2009) encontraron que a medida que aumenta la OF, reflejada como una mayor cantidad de forraje por hectárea, la distancia diaria recorrida en los animales durante el pastoreo disminuyó linealmente (Figura 1). Según los autores, la mayor distancia recorrida con bajas OF se asocia a un aumento en el tiempo diario dedicado al pastoreo, el cual aumenta de 5 horas en animales mantenidos con OF de 12kgMS/100kgPV/día a 10 horas en los animales mantenidos en 4kgMS/100kgPV/día de OF, lo cual indica que los animales con menor disponibilidad de forraje necesitan un mayor tiempo de pastoreo y desplazamiento para cubrir las necesidades nutricionales.

### Figura 1

*Distancia diaria en vaquillonas en pastoreo de pastizal nativo a diferentes ofertas de forraje*



*Nota.* Tomado de Genro y Nabinger (2009).

Sin embargo, de acuerdo con Hamidi et al. (2021), una menor intensidad de pastoreo no siempre significa que los animales recorren una menor distancia diaria, ya que intensidades muy bajas pueden llevar a un mayor tiempo de búsqueda de forraje debido a una mayor dispersión espacial de los parches de la pastura definidos como estrato bajo. Trabajando en Campos, Da Trindade et al.

(2012) señalan un aumento en el desplazamiento cuando el estrato alto limita el área ocupada por los parches bajos frecuentemente defoliados (más de 35% del área ocupada por estrato alto) así como cuando ocurre una baja densidad en el estrato bajo, lo cual asociaron a un mayor tiempo de búsqueda de forraje durante el pastoreo en un intento de los animales de encontrar sitios con masa y altura de forraje adecuados para mantener niveles satisfactorios de consumo. Anderson y Kothmann (1980) reportan que en situaciones muy limitantes de forraje como ocurre en los pastizales áridos, la distancia diaria recorrida por vaquillonas de raza Hereford disminuyó a lo largo de la estación de crecimiento del forraje, lo que asociaron a una menor relación lámina/vaina y menor concentración de energía digestible como consecuencia del avance en la madurez y pérdida de hojas por senescencia. En el mismo sentido, Dumont, Garel et al. (2007) señalan que vaquillonas en baja carga mantienen la distancia diaria recorrida de forma constante a lo largo de la estación de pastoreo, mientras que en condiciones de alta intensidad de pastoreo, esta disminuyó hacia el final de la estación de crecimiento del forraje, lo cual lo asociaron a un cambio en la estrategia de forrajeo de los animales en la que dejan de tener un comportamiento de búsqueda de los mejores sitios para tener una estrategia de tipo "corta-césped". Por otra parte, según Sawalhah et al. (2016), si bien las vacas sometidas a menor OF se desplazan más que las vacas sometidas a AOF, una proporción significativamente menor del mismo (el doble) fue realizado durante la noche indicando menor actividad nocturna. Esto fue explicado por mayores costos energéticos durante el día debido a la mayor duración de la actividad de cosecha de forraje.

Sawalhah et al. (2016) no detectaron diferencias significativas en la tortuosidad del camino seguido por los animales durante el pastoreo en función de la intensidad del mismo, pero sí una mayor tortuosidad del pastoreo de vacas con BOF durante las horas nocturnas. Sin embargo, no está muy claro la asociación de esta respuesta con los patrones de movimiento de búsqueda de forraje del ganado.

En otros estudios, se observó que cuando la cantidad de forraje es limitante, los grandes herbívoros pastorean a mayores distancias de los puntos de atracción del potrero como son las fuentes de agua, lugares de suplementación de alimento y alambrados y en zonas de menor accesibilidad y mayor pendiente (Schoenbaum et al., 2017). Scarlato (2011) encontró que la selección de las zonas topográficas dentro de la parcela a escala diaria no fue afectada por la OF. Sin embargo, es posible que la extensión y la topografía de los potreros utilizados en este experimento (parcelas menores a 30ha) no permitan la posibilidad de que los animales expresen diferencias en su comportamiento en base a estos factores (Bailey et al., 2001).

La intensidad de pastoreo parece tener una gran influencia sobre la selección de parches y comunidades de plantas. Dumont, Garel et al. (2007) reportan que cuando la intensidad de pastoreo es baja los animales se concentran en los parches de menor altura, donde se encuentra el forraje de mayor calidad. De acuerdo con Hamidi et al. (2021), cuando la OF es limitante, el ganado compensa la escasez de forraje pastoreando diariamente en una mayor cantidad

de puntos, como resultado de un aumento en la frecuencia de pastoreo en áreas menos preferidas como forma de satisfacer sus necesidades nutricionales.

Los trabajos realizados con distintas intensidades de pastoreo demuestran que los animales sometidos a baja presión de pastoreo pasan una menor cantidad de tiempo en comunidades vegetales menos preferidas. En ambientes donde existe una asociación de bosques y pastizales abiertos los antecedentes reportan que, a mayor masa de forraje en el área de pastizal, disminuye la frecuencia de los animales en la zona de bosques y zonas leñosas, con menor calidad de forraje y menos preferidas por el ganado debido a la mayor percepción de riesgo de depredación (Sawalhah et al., 2016; Schoenbaum et al., 2017). Por otro lado, de acuerdo con Schoenbaum et al. (2017), durante la primavera el pastoreo de vacas de cría sometidas a una menor intensidad de pastoreo se concentró en las áreas donde se encuentra la vegetación de mayor calidad y cantidad en este momento del año (garriga arbustiva) mientras que en las parcelas donde hubo una carga mayor, las vacas mostraron una mayor utilización de la vegetación boscosa, comparado a las anteriores.

#### 2.3.4. Efecto del grupo genético sobre el comportamiento en pastoreo, movimiento y la distribución espacial de los animales

En el Cuadro 3 se muestra una serie de trabajos que estudian el efecto del GG sobre los patrones de comportamiento en pastoreo, movimiento y en el uso del sitio de alimentación y la distribución de los animales en pastoreo.

Diversos trabajos encontraron que cuando las condiciones son favorables en términos de disponibilidad de forraje, diversidad y distribución de especies, las diferencias en cuanto a las variables de comportamiento en pastoreo, movimiento y distribución de animales de diferente genotipo no son claras, sin embargo, en condiciones adversas, algunos trabajos reportan que los animales de diferente GG utilizan estrategias de forrajeo distintas. En ambientes de baja productividad y alta heterogeneidad en la distribución de las especies, los animales de mayor potencial productivo seleccionaron en mayor medida las especies de alto valor nutritivo que los animales de raza con menor potencial de producción, sin embargo, en ambientes más productivos no se observaron diferencias (Sæther et al., 2006). En el mismo sentido, Peinetti et al. (2011) y Spiegall et al. (2019) reportan que en épocas del año donde el forraje verde es escaso, las vacas de raza criolla tuvieron una distribución más amplia, pastorearon de manera más uniforme el potrero, la distribución espacial dependió menos de la ubicación de las fuentes de agua y fueron menos selectivas que las vacas de raza británica, de mayor mérito genético.

Hessle et al. (2014) evaluando la distribución espacial de vacas lecheras de dos razas de distinto mérito genético, pero con la misma producción actual, reportan que las vacas de mayor mérito genético seleccionaron en mayor medida áreas con alimento más digestible mientras que el ganado de menor potencial genético dedicó una mayor parte del tiempo al comportamiento exploratorio pastoreando en áreas de menor densidad de vegetación.

**Cuadro 3**

*Trabajos evaluando el comportamiento ingestivo, movimiento y desplazamiento de vacunos de distintos grupos genéticos*

<b>Autor</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Animales</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Momento del año</b>	<b>Movimiento</b>	<b>Preferencia de uso de los sitios</b>	<b>Comportamiento en pastoreo</b>
Sæther et al., 2006 (Noruega)	Pastizal seminatural de montaña	Vacas lecheras de razas NR y STN.	<p>Diferentes razas: NR STN (65% menos producción que NR).</p> <p>Dos sitios experimentales: Skabu Vegetación más productiva y uniformemente distribuida.</p> <p>Valdres Terreno ondulado. Vegetación menos productiva y con alta heterogeneidad en su distribución.</p>	Verano		<p>Skabu: No hubieron DS entre razas en la preferencia según el tipo de vegetación.</p> <p>Valdres: NR presentó mayor proporción en la dieta de especies de alto valor nutritivo que STN.</p>	

McIntosh et al., 2021 (Estados Unidos)	Pastizal árido	Novillos de razas RC y XC	RC XC	Invierno y verano tardío	AE: Invierno RC: 441ha/día XC: 498ha/día Verano RC: 282ha/día XC: 298ha/día DIS: Invierno RC: 10300 XC: 10700 Verano RC: 9810 XC: 8810		
Sneva, 1970 (Estados Unidos)	Pastizal semi-árido.	Novillos de razas HH y BH	HH BH	Mayo a agosto	DIS: Año 1: HH: 7700 BH: 6100 Año2: HH: 7400 BH: 9700		TP (sin DS) Año 1 HH: 540 BH: 558 Año 2 H: 624 BH: 576
Aharoni et al., 2009 (Israel)	Pastizal natural, clima mediterráneo. MF (sin DS): Primavera: 2850 Verano: 1480 Otoño: 1090	Vacas de carne de razas BS (581kgPV) y BA (268kgPV).	Diferentes razas: BS (Raza de frame grande, mejoradas genéticamente) BA (Raza de frame pequeño, nativa, más adaptada al ambiente)	Primavera, verano y otoño.	BA caminaron diariamente un 33% más de distancia horizontal ( $p<0.001$ ) y un 39% más de distancia vertical ( $p<0.001$ ) que las vacas BS.		TP ( $p<0.05$ ) Primavera BA: 9.14a BM: 7.73b Verano BA: 7.01a BM: 5.54b Otoño BA: 8.18a BM: 6.17b

Hessle et al., 2014 (Suecia)	Pastizal de montaña seminatural.	Vacas lecheras lactantes de razas SM (368kgPV) y H (554kgPV).	SM (raza tradicional) H (raza moderna).	Verano	DIS (p=0,016): SM: 6300 H: 5000  Distancia entre vacas SM (m) (p=0,011): SM: 419 H: 259	SM pasó menos tiempo en comunidades dominadas por gramíneas (24vs31% del tiempo diario disponible para el pastoreo). (=0.035)	TP cómo % del tiempo diario disponible para el pastoreo) (sin DS) SM: 78.8 H: 85.2
Bailey et al., 2001 (Estados Unidos)	Pastizal al pie de montañas. Pendiente de 0 a 55%.	Vacas de cría de razas HH (559kgPV), TT (533kg PV) y TH.	HH TT TH	Verano	<b>1997</b> <b>DH:</b> HH: 422a TH: 461b TT:452ab <b>DV:</b> HH: 44a TH: 52b TT: 54b <b>1998</b> <b>DH:</b> HH: 808 TH: 853 TT: 849 <b>DV:</b> HH: 58a TH: 63ab TT: 67b	<b>%Pend:</b> 1997 HH: 18.4 TH:18.6 TT: 18.9  1998 HH: 18.1a TH: 19.2ab TT: 19.9b	

Spiegel et al., 2019 (Estados Unidos)	Pastizal árido.	Vacas de carne de razas RC y AH.	Diferentes razas: RC (ganado nativo, frame pequeño, sin mejoramiento genético) AH (cruza de razas británicas, mejoramiento genético).	Tres momentos relativos a las etapas de crecimiento del forraje: Pregreenup Greenup Drydown	<p>AE: Pregreenup: RC: 49,69 AH: 18,2 Greenup (s/ DS) RC: 39,99 AH: 33,32 Drydown: RC: 24,36 AH: 4,62</p> <p>Distribución espacial (número de pixeles de 150x150m visitados por el ganado): Pregreenup y Drydown: Mayor en RC que HA. Greenup: sin DS.</p>	<p><b>AH</b> Pastizal: P Hierba: R Matorral: R <b>RC:</b> Pastizal: P Hierba: P Matorral: R</p> <p>Hotspot (fuentes de agua, áreas de pastizal o de hierbas) <u>Pregreenup:</u> RC:1 AH: 3 <u>Greenup 1:</u> RC: 2 AH: 1 <u>Greenup 2:</u> RC: 0 AH: 0 <u>Drydown:</u> RC: 0 AH: 1</p>	Pregreenup (sin DS) AH: 9.28 RC: 9.63 Greenup 1 (sin DS) AH: 10.52 RC: 10.23 Greenup 2 (p<0.05) AH: 11.28 RC: 10.23 Drydown (sin DS) AH: 12.27 RC: 12.45
---------------------------------------	-----------------	----------------------------------	---	---	--	--	---



Peinetti et al., 2011 (Estados Unidos)	Pastizal árido	<p>Vacas de carne de razas AA y CM.</p> <p>CM= 800kgPV AA= 1200kgPV</p>	<p>Diferentes razas: AA CM</p>	Primavera y otoño.	<p><b>%área con probabilidad <math>\leq 0,1</math> de ser pastoreada (%)</b></p> <p>Primavera (sin DS): AA:52 CM:56</p> <p>Otoño: AA: 61b CM: 3a</p>	<p><b>Factores que afectaron el patrón de distribución del ganado:</b></p> <p>Otoño: CM pastoreó en áreas más alejadas del agua y en un mayor rango de elevaciones respecto a AA, evitando áreas con alta densidad de árboles</p> <p>Primavera: CM fue más selectivo por sitios con alta cobertura de pasto y rechazó en mayor medida áreas con alta densidad de árboles comparado a AA. Mientras que en cuanto a la distancia al agua no hubo DS.</p>	
--	----------------	---	--	--------------------	--	--	--

Funston et al., 1991 (Estados Unidos)	Pastizal natural con %Pend de 5 a 40% <b>1985:</b> Bajas tasas de crecimiento del forraje debido a déficit hídrico. <b>1986:</b> Disponibilidad de forraje adecuada para cubrir las necesidades de las vacas.	Vacas lactantes de razas HH, AH, SH y TH.	HH AH SH TH AH no tuvo diferencias en producción de leche y peso del ternero al destete comparado a HH. SH y TH tuvieron mayor producción de leche que HH.	Verano	DIS: 1985 (p<0.1) HH:3100a AH: 3400a SH: 4000b  1986 (sin DS) HH:3500 TH: 3800		TP 1985 (p<0.10) HH: 708a AH:738b SH:696a 1986 (sin DS) HH: 678 TH: 678  TB 1985 (p<0.05) HH: 53a AH: 56b SH: 53a 1986 (sin DS) HH: 57 TH: 59
---------------------------------------	---	---	--	--------	--	--	---

*Nota.* PV= peso vivo. DS: diferencias significativas. MF= masa de forraje (kgMS/ha). TP= tiempo de pastoreo (mi/día). TB= tasa de bocados (bocados/min). AE= área explorada por vaca (ha/animal/día). DIS= distancia diaria caminada (m/día). Pregreen up y Drydown= Épocas de baja producción de forraje. Green up=Épocas de alta producción de forraje. Hotspot= pixel visitado más de 4 veces y por más de 2 horas. DH: distancia horizontal ala agua (m). DV: distancia vertical al agua (m). %Pend: Pendiente (%). NR= Norwegian Red. STN= Black-sided Trønder and Nordland. BS= Beefmaster x Simford. BA= Baladi. RC= Raramuri Criollo. AA= Aberdeen Angus. HH= Hereford. AH= Aberdeen Angus x Hereford. CM= Criollo Mexicano. TT= Tarantaise. TH= Tarantaise x Hereford. SM= Swedish Mountain. H= Holstein. BH= Brahman x Hereford. XC= criollo x raza comercial. SH= Simmental x Hereford. P= Preferencia. I= Indiferencia. R= Rechazo.

Las diferencias entre razas de alto mérito genético y aquellas razas tradicionales, de bajo a moderado potencial productivo y adaptadas al ambiente en el cual se desarrollaron, pueden deberse a las diferencias en los requerimientos energéticos para la producción (carne o leche), ya que un mayor requerimiento implica menor energía para realizar otros comportamientos, como el desplazamiento exploratorio, que permite al animal obtener información del ambiente y adaptarse a las condiciones cambiantes del mismo (Hessle et al., 2014; Sæther et al., 2006). Otra explicación propuesta ha sido que los animales menos sometidos a procesos de selección artificial están mejor adaptados al ambiente que los rodea gracias al proceso de selección natural (Peinetti et al., 2011). Por otro lado, estas diferencias pueden estar asociadas al tamaño corporal de los animales, el cual tiene influencia en el costo energético de mantenimiento (Hessle et al., 2014).

Se encontraron pocos estudios que evaluaran el movimiento de individuos puros y Cruza de diferentes razas y los resultados no son consistentes. En un estudio donde trabajaron con diferentes grupos genéticos, se encontró que vacas Simmental x Hereford recorrieron una mayor distancia que las vacas de raza Hereford cuando la cantidad de forraje era limitante, mientras que cuando la cantidad de forraje era adecuada no se observaron diferencias entre los grupos genéticos evaluados, esta diferencia fue asociada a que las vacas Simmental x Hereford presentan mayores requerimientos debido a una mayor producción de leche en ambos años (Funston et al., 1991). En un estudio realizado en un ambiente semi desértico, novillos de la Cruza Brahman x Hereford caminaron en promedio  $2.2 \text{ km.día}^{-1}$  más que novillos de raza Hereford. Los novillos de raza Hereford recorrieron una distancia similar tanto en años buenos (año 2) como años malos (año 1), mientras que los animales Cruza, si bien la distancia recorrida siempre fue superior, esta disminuyó en veranos secos (Sneva, 1970). Bailey et al. (2001) señalan que, en pastizales naturales con topografía accidentada, vacas de raza Tarantaise, originarias de los Alpes franceses, utilizaron una pendiente promedio mayor y pastorearon en sitios más lejanos al agua respecto a las vacas Hereford, mientras que no se encontraron diferencias entre animales Hereford x Tarantaise y animales de raza Tarantaise y solamente en uno de los 2 años del experimento, los animales Cruza pastorearon en sitios más alejados del agua, tanto vertical como horizontalmente, comparado con animales Hereford. En un estudio realizado en un pastizal desértico, McIntosh et al. (2021) no encontraron diferencias significativas en la distribución espacial y en los patrones de uso de la pastura en novillos de raza criolla y novillos provenientes de la Cruza de esta raza con una raza carnífera comercial. Por otro lado, en una comparación del comportamiento de estos novillos con los resultados obtenidos por Spiegel et al. (2019), se encontró que vacas y novillos de razas criollas y novillos Cruza presentaron similares patrones de comportamiento entre sí, pero tendieron a tener un mayor tiempo de pastoreo, recorrer mayores distancias y tener una menor preferencia por áreas adyacentes a las fuentes de agua que las vacas HerefordxAngus.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. SITIO EXPERIMENTAL

El trabajo se llevó a cabo en la Estación Experimental “Prof. Bernardo Rosengurt” (EEBR - UdelaR), ubicada en el km 408 de la ruta 26, departamento de Cerro Largo, Uruguay (32°35' latitud sur; 54°15' longitud oeste). El área experimental, que cuenta con 49 hectáreas de campo natural, forma parte de un experimento de largo plazo que, desde el año 2007, evalúa el efecto de alta y baja OF sobre la productividad de la cría vacuna. El presente estudio se llevó a cabo en uno de los dos bloques de dicho experimento ubicado sobre suelos de la unidad Fraile Muerto (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca [MGAP], 1976). El pastizal nativo de dicha unidad de suelo es dominado por especies gramíneas estivales C4, con gramíneas invernales C3 en baja frecuencia, además se encuentran asociadas especies arbustivas pertenecientes a las familias Asteraceae, Fabaceae, Rubiaceae y Umbelliferae (Rosengurt, 1943). Las especies dominantes en el área experimental son: *Andropogon ternatus*, *Axonopus affinis*, *Coelorhachis selloana*, *Cyperus eragrostis*, *Cynodon dactylon*, *Desmodium incanum*, *Bothriochloa lagurodies*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum*, *Paspalum plicatulum*, *Piptochaetium stipoides*, *Schizachyrium microstachyum*, *Stipa charruana* y *Stipa setigera* (Casalás, 2019).

Los registros de comportamiento fueron colectados durante 17/4/2021 – 25/4/2021 (otoño) y 17/7/2021 - 27/7/2021 (invierno).

#### 3.2. CONDICIONES METEREOLÓGICAS

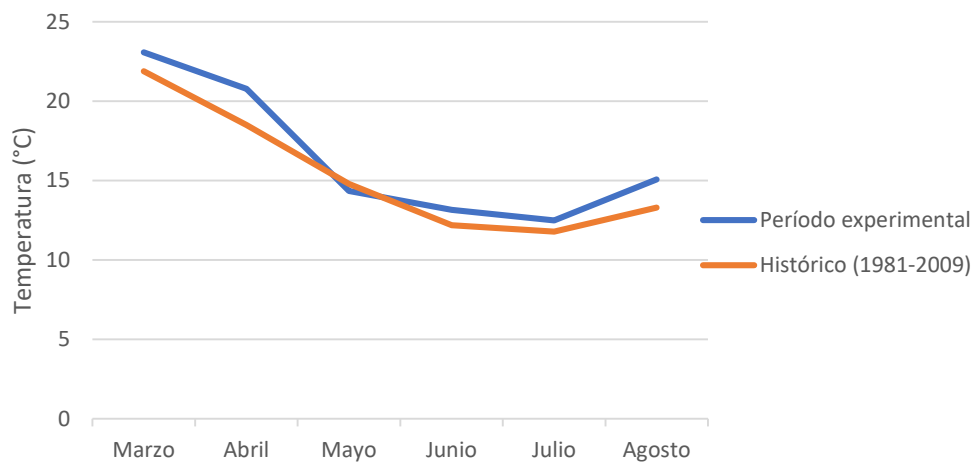
Se comparó la temperatura media mensual y las precipitaciones acumuladas para el período en estudio respecto a la serie histórica 1980-2009 para la localidad de Melo, Cerro Largo (Castaño et al., 2011).

Los datos de temperatura corresponden a la estación meteorológica de Melo, Cerro Largo (32° 22,1' latitud sur; 54° 11,6' latitud norte) (Instituto Uruguayo de Meteorología [INUMET], comunicación personal, 2021) y los de precipitaciones del pluviómetro ubicado en la localidad de Bañados de Medina (INUMET, comunicación personal, 2021).

La temperatura media mensual para los meses de otoño fue 23.1±4.03, 20.8±4.55; 14.4±5.72 °C para marzo, abril y mayo, respectivamente. En mayo la temperatura media mensual fue similar respecto al promedio de la serie histórica, mientras que, en los meses de marzo y abril, la temperatura media fue 1.2 y 2.3 °C superior respectivamente al promedio histórico. En invierno, la temperatura promedio fue de 13.2±4.52; 12.5±5.27; 15.1±5.58 °C para junio, julio y agosto, respectivamente. Los meses de junio y julio fueron similares a los valores históricos, mientras que la temperatura media registrada en el mes de agosto fue 1.8 °C más alta que el promedio histórico.

## Figura 2

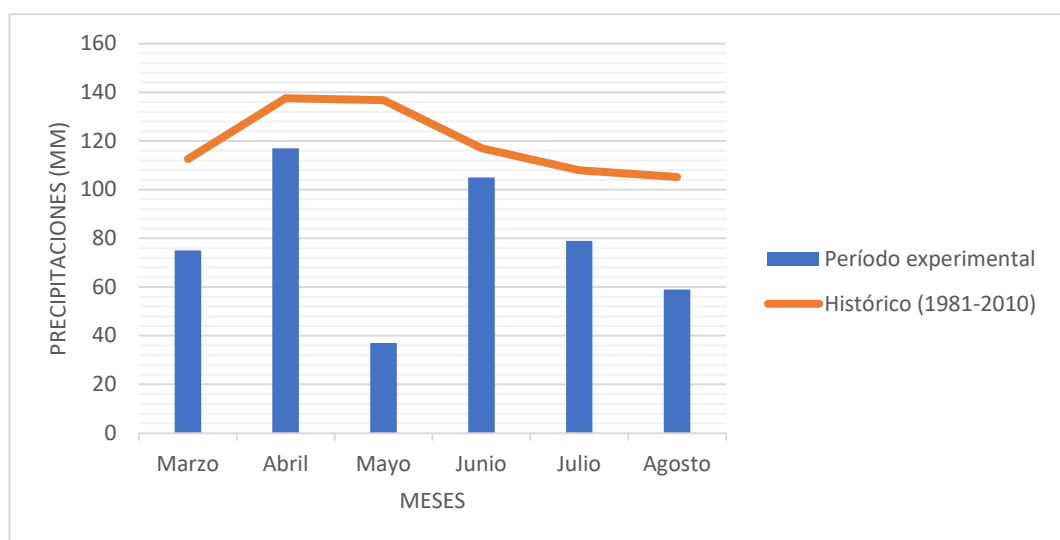
*Temperatura media respecto al año 2021 y al promedio histórico en la ciudad de Melo*



Las precipitaciones acumuladas mensualmente fueron inferiores a los registros históricos durante el período marzo-agosto (Figura 3). Las precipitaciones acumuladas en otoño fueron 158mm inferiores al promedio histórico, lo cual estuvo explicado principalmente por los registros de mayo, cuando el nivel de precipitaciones fue 100mm menor al promedio. En invierno las precipitaciones acumuladas fueron 87mm por debajo de la media histórica, explicado principalmente por los meses de julio y agosto. Durante el período de evaluación de comportamiento en otoño no se registraron precipitaciones mientras que en la evaluación de invierno se registraron 18mm.

## Figura 3

*Precipitaciones mensuales acumuladas respecto al año 2021 y al promedio histórico en la ciudad de Melo*



### 3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

El diseño experimental fue un factorial de dos niveles de OF y dos de grupos genéticos en cuatro parcelas (2 para cada factor experimental) de 15 y 10 ha, para AOF y BOF, respectivamente. Las parcelas fueron manejadas desde el año 2014 hasta invierno de 2019 con dos niveles de OF: AOF (8-9 kgMS/kgPV promedio anual) y BOF (5-6 kgMS/kgPV promedio anual), las cuales fueron variables entre las estaciones del año. Para AOF, la OF varió entre estaciones de a siguiente forma: 8 kgMS/kgPV, 4 kgMS/kgPV, 12 kgMS/kgPV y 8kgMS/kgPV, para otoño, invierno, primavera y verano respectivamente, mientras que para BOF fue de 4 kgMS/kgPV, 4kgMS/kgPV, 8 kgMS/kgPV y 4kgMS/kgPV. A partir de primavera de 2019 la OF objetivo promedio cambió para 9 kgMS/kgPV y 6 kgMS/kgPV en AOF y BOF, respectivamente y varió de la siguiente forma a partir de primavera de 2019: en AOF, la OF fue de 10 kgMS/kgPV durante primavera, verano y otoño, mientras que en invierno fue de 6 kgMS/kgPV mientras que en BOF, la OF objetivo fue de 6 kgMS/kgPV durante todas las estaciones. Las parcelas tuvieron ocupación continua, con carga variable desde el año 2007. Se utilizó el método "put-and-take" (Mott & Lucas, 1952) para realizar dichos ajustes, los cuales fueron basados en la masa de forraje y el peso vivo de las vacas, siendo la carga animal una variable de respuesta. Para lograr los niveles de OF objetivo, cada mes se agregaban o quitaban vacas de similar raza, tamaño, peso vivo y estado fisiológico que las vacas experimentales, mientras que estas últimas fueron mantenidas en las parcelas durante todo el período experimental. El factor grupo genético consistió en comparar vacas Puras de raza Aberdeen Angus y Hereford con vacas Cruza F1 resultado del cruzamiento recíproco entre razas Aberdeen Angus y Hereford. La unidad experimental fue la vaca y se seleccionaron 3 vacas por parcela de similar fecha de parto, PV y CC para el estudio de conducta.

### 3.4. ANIMALES EXPERIMENTALES

Se utilizaron vacas de cría multíparas diagnosticadas preñadas, sin ternero al pie, en el tercer ( $114\pm 26$  días de gestación) y sexto mes de gestación ( $205\pm 26$  días de gestación), para otoño e invierno, respectivamente.

### 3.5. MEDICIONES EN LAS VACAS

Cada 30-40 días se registró el peso vivo utilizando una balanza electrónica durante la mañana y sin ayuno previo y la condición corporal se estimó por apreciación visual utilizando una escala del 1 (muy flaco) al 8 (muy gordo) validada para ganado Hereford en Uruguay (Vizcarra et al., 1986).

Se estimó la variación mensual de condición corporal y peso vivo para cada vaca como el cociente de la diferencia entre las mediciones realizadas en otoño e invierno y el número de días transcurridos entre ambas mediciones.

Los valores promedio de CC y PV obtenidos para cada tratamiento se presentan en el Cuadro 4.

#### Cuadro 4

*Peso vivo y condición corporal al inicio de cada período de muestreo*

Tratamiento	Otoño (11/5/2021)	Invierno (16/6/2021)
	Peso vivo (kgPV/animal)	
Alta Cruza	536	543
Alta pura	496	572
Baja Cruza	460	531
Baja pura	467	551
	Condición corporal	
Alta Cruza	5,4	5,8
Alta pura	4,5	5,6
Baja Cruza	5,0	5,5
Baja pura	5,0	5,7

#### 3.6. MEDICIONES EN LA PASTURA

En mayo y julio se realizaron evaluaciones de la estructura de la pastura. La masa de forraje de la pastura (MF: kg MS/ha) se determinó para cada parcela por el método de rendimiento comparativo (Haydock & Shaw, 1975; Do Carmo et al., 2020). En cada parcela, se utilizaron 5 cuadros de referencia de 0,5 x 0,5m a los cuales se les asignó un ranking en base a una escala visual de biomasa entre la menor masa de forraje (escala 1) y la mayor (escala 5) presente en la parcela. En cada cuadro de referencia se tomaron 5 registros de altura (ALT: cm) con regla en el punto de mayor densidad de forraje (Stewart et al., 2001), se estimó el porcentaje de materia verde (%MV) por apreciación visual y se cortó el forraje a ras del suelo. El forraje cortado fue secado en estufa de aire forzado a 60°C durante 48-72h, para determinar la cantidad de forraje por hectárea que representa cada cuadro. Se desarrollaron ecuaciones de regresión lineal que relacionan el valor de escala visual con la MF, ALT y %MV promedio en la pastura. Se recorrió cada parcela y se tomaron al menos 150 estimaciones visuales de escala (Do Carmo et al., 2020) que luego se utilizaron como variable independiente (x) en las ecuaciones lineales desarrolladas.

El producto de MF y %MV se utilizó como una estimación de la masa de forraje verde (MFV: kg MS/ha).

Las estimaciones visuales de escala fueron clasificadas en 4 estratos entre: 0-4, 5-9, 10-15 y >15cm, con el objetivo de describir la frecuencia de los mismos en cada parcela.

Según posición topográfica y tipo de suelo, se marcaron 14 cuadrículas de 50 x 50 m de longitud, ubicando 4 en las parcelas de AOF y 3 en las de BOF. En cada cuadrícula se fijaron 5 transectas paralelas entre sí, ubicadas a 10 m una de la otra. Cada transecta constaba de 5 cuadrantes de 1 x 1 m, ubicadas cada 10 m entre sí. En cada cuadrante se estimó mediante apreciación visual: porcentaje de estrato bajo (%EBAJpas), porcentaje de estrato alto (%EALTpas), altura de estrato bajo (ALTEbaj: cm), altura de estrato alto (ALTEalt: cm), porcentaje de materia verde en el estrato bajo (%VerEBAJ) y porcentaje de materia verde en el estrato alto (%VerEALT). El porcentaje de estratos fue estimado de acuerdo al área que ocupaban dentro de los cuadrantes, mientras

que, el porcentaje de forraje verde dentro de cada estrato se estimó en base a la relación entre la masa de forraje verde y la masa de forraje total. Además, se midió la altura del estrato bajo y la altura del estrato alto dentro de cada cuadrante, tomando como criterio la altura donde se daba la mayor concentración de hojas (Stewart et al., 2001). Por cada cuadrícula se calculó el promedio de cada una de las variables y luego, para cada estación, se determinó el promedio de cada variable para AOF y BOF, ponderando el promedio de cada cuadrícula por la proporción que ocupaba en la superficie de la parcela.

### 3.7. COMPORTAMIENTO ANIMAL EN PASTOREO

Se seleccionaron 3 vacas experimentales de cada tratamiento (12 vacas en total), que representaron el peso vivo y la condición corporal del tratamiento y con una fecha de parto esperada similar. A cada vaca se les colocó un collar equipado con GPS (Knight et al., 2018) y un bozal RumiWatch (Werner et al., 2019). El bozal RumiWatch consiste en un sensor de presión de banda nasal que registra la presión generada por los movimientos mandibulares, una serie de acelerómetros que detectan la posición de la cabeza, un data logger para almacenar los datos, y dos baterías de 3.6V.

En otoño, los collares y bozales se colocaron el 16/4/2021 y se retiraron el 26/4/2021 mientras que, en invierno, se colocaron el 16/7/2021 y se retiraron el 28/7/2021. Los datos correspondientes a los días en que se colocaron y se sacaron los collares fueron excluidos del análisis por ser días incompletos, por lo tanto, se contó con 9 y 11 registros por animal, en otoño e invierno respectivamente, colectados de 12 animales en ambas estaciones.

#### 3.7.1. Geolocalización y estimaciones del movimiento de las vacas.

Los equipos de GPS se ajustaron para realizar registros de localización cada 5 minutos. Se descargaron los datos utilizando el software @trip PC.Ink, el cual permite convertir la información del GPS a un archivo de valores separados por coma (.CSV) donde se muestra para cada registro la identificación de la vaca, la fecha, la hora y las coordenadas geográficas (longitud y latitud). Los registros GPS fueron utilizados para calcular la distancia diaria recorrida (m/día) (DIS), la sinuosidad del recorrido (SIN), el área explorada por vaca (m<sup>2</sup>/animal/día) (AE), el porcentaje de la parcela explorada (%) (%AE) y la velocidad de desplazamiento (m/minuto) (VEL), utilizando el programa GrazeAct (Sawalhah et al., 2016). Este programa utiliza el teorema de Pitágoras para calcular la distancia entre dos puntos consecutivos del GPS y así realizar los cálculos. El programa estima el índice de rectitud (Batschelet, 1981) como indicador de la SIN, el cual se calcula para un período de tiempo, como la relación entre la distancia entre el primer y último punto del GPS y la distancia recorrida. Valores de rectitud próximos a 0 indica un camino muy sinuoso y valores próximos a 1 indica un camino recto.

#### 3.7.2. Procesamiento de registros de RumiWatch para estudiar el comportamiento ingestivo

Para procesar los registros de los bozales RumiWatch se utilizó el Software RumiWatch Converter (versión 7.3.36) validado para condiciones de pastoreo (Werner et al., 2018). El software permite identificar 1) bocados, movimientos mandibulares de manipulación del bocado, movimientos



mandibulares de rumia y número de bolos regurgitados durante la rumia, 2) el patrón diario de pastoreo y de rumia, 3) número de sesiones de pastoreo y de rumia. Esta información puede ser obtenida en el intervalo de tiempo de interés.

Para este estudio se procesaron los registros para obtener, a escala diaria, el tiempo de pastoreo (minutos/día) (TP), las sesiones de pastoreo (n° de sesiones/día) (SP), la tasa de bocados (bocados/minuto) (TB), el tiempo de rumia (minutos/día) (TR), las sesiones de rumia (n° de sesiones /día) (SR) y la tasa de masticaciones de rumia (masticaciones/minuto) (TMR).

El TP es considerado como el tiempo en el día en que el animal pastorea con la posición de la cabeza hacia abajo. Las SP se estima como el número de veces que el animal cambió de un comportamiento de no pastoreo a un episodio de al menos siete minutos continuos de pastoreo, considerando pausas en el comportamiento de pastoreo menores o iguales a siete minutos como parte de la misma sesión, excepto que el animal comience a rumiar. La TB fue calculada a partir de la relación entre el número de bocados totales de prensión del forraje durante un día y el TP. El TR fue estimado como la suma de las SR. Las SR se definieron en base al número de veces que el animal comenzó a rumiar de manera continua por al menos tres minutos y se considera que la sesión de rumia finaliza cuando esta actividad cesa por más de un minuto. La TMR fue calculada como la relación entre el número de masticaciones de rumia totales realizados durante el día y el TR (Werner et al., 2018, 2019).

### 3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables de estructura de la pastura (ALT, MF, %MV, MFV, ALTEbaj, %VerEBAJ, ALTEalt y %VerEALT) y de comportamiento (TP, TB, TR, AE, AE y %AE) se analizaron mediante el procedimiento MIXED, mientras que el %EALTpas fue analizado mediante el procedimiento GLIMMIX, utilizando el software SAS On Demand for Academics. El modelo para las variables de estructura de la pastura utilizó la parcela como unidad experimental e incluyó la OF, la estación del año (E) y la interacción OF\*E como efectos fijos. La interacción OF\*E se excluyó del modelo debido a que no presentó un efecto significativo sobre las variables. En el caso de las variables de comportamiento de las vacas, el modelo utilizó la vaca como unidad experimental e incluyó la OF, el GG y la interacción OF \* GG como efectos fijos y el peso vivo de la vaca, fecha de parto y el día como efectos aleatorios. Se realizó un análisis independiente para cada E. Se utilizó el test de Tukey para la comparación de medias. Las diferencias de medias en todas las variables se consideraron significativas en  $P < 0,05$ .

Se estudiaron las relaciones existentes entre todas las variables de estructura (ALT, MF, %MV, MFV, ALTEbaj, %VerEBAJ, ALTEalt y %VerEALT), movimiento (AE, %AE, DIS, VEL y SIN), comportamiento (TP, SP, TB, TR, SR y TMR) y el consumo de energía de las vacas, tomando en cuenta las estimaciones de consumo de energía neta de mantenimiento (CENM) realizadas por Goday (2023) (ver Anexo A). Las mismas fueron analizadas con el software Rstudio versión 4.2.0, utilizando el paquete "CORR", desarrollado por R Core Team en su versión de 2022.

Se realizó un análisis de regresión lineal múltiple con el método Stepwise en ambas direcciones para estudiar el vínculo entre el consumo diario de energía, tomando los datos de CENM estimados por Goday (2023), con las variables de estructura, movimiento y comportamiento de las vacas. Además, se incluyó como variable explicativa la condición corporal de las vacas al inicio de la estación, dado que se ha reportado que la misma afecta la evolución posterior de la CC (Soca et al., 2013; Trujillo et al., 1996). Para dicho análisis se utilizó el software Rstudio versión 4.2.0, utilizando la función “step” del paquete “The R Stats Package” versión 4.2.0, desarrollado por R Core Team en el año 2022. Las variables seleccionadas por el programa fueron incluidas en un modelo de regresión lineal y las que no fueron significativas ( $p < 0.05$ ) fueron quitadas, para luego realizar nuevamente el análisis (Ver Anexo B) Con el objetivo de obtener un modelo más aproximado con la realidad se realizó nuevamente el análisis utilizando como variables explicativas aquellas que estaban asociadas con el CENM (ver Anexo A) y que su efecto sobre el mismo tiene sentido biológico. Luego, con las variables seleccionadas se realizó nuevamente el análisis (Ver Anexo B).

#### 4. RESULTADOS

##### 4.1. ESTRUCTURA DE LA PASTURA

En el Cuadro 5 se presenta el efecto de la OF y E sobre la estructura del forraje en otoño e invierno.

##### Cuadro 5

*Atributos de la pastura para Alta y Baja Oferta de Forraje*

	OTOÑO		D.E.	INVIERNO		D.E.	P-valor	
	AOF	BOF		AOF	BOF		OF	E
ALT	5,7	4,2	1,83	4,9	3,5	1,98	<0,05	0,15
MF	2473	1609	802,3	1939	1653	838,8	<0,1	0,29
%MV	66	63	5,8	65	59	6,5	0,11	0,64
MFV	1628	1007	322,2	1270	986	270,6	<0,1	0,41
%EBAJpas	79	90	7,2	81	87	5,0	0,17	0,96
ALTEbaj	3,5	3,2	0,30	2,7	2,6	0,22	0,43	<0,05
%VerEBAJ	71	67	3,3	64	55	5,1	<0,05	<0,01
%EALTpas	17	5	7,6	15	6	6,7	0,12	0,80
ALTEalt	12,4	9,6	2,01	11,5	8,6	1,67	<0,1	0,36
%VerEALT	46	45	0,9	33	31	3,2	0,58	<0,01

*Nota.* ALT= altura de la pastura (cm), MF= masa de forraje (kgMS/ha), %MV= porcentaje de materia verde en la pastura, MFV= MF verde (kgMS/ha), %EBAJpas= porcentaje de área cubierta por estrato bajo, ALTEbaj= altura del estrato bajo (cm), %VerEBAJ= porcentaje de materia verde en el estrato bajo, %EALTpas= porcentaje de área cubierta por estrato alto, ALTEalt= altura del estrato alto (cm), %VerEALT= porcentaje de materia verde del estrato alto, AOF= alta oferta de forraje, BOF= baja oferta de forraje, D.E.= desviación estándar.

La interacción OF y Estación no fue significativa para ninguna de las variables por lo que no se incluyó en la tabla. La OF afectó la ALT ( $P<0,05$ ) y el %VerEabaj ( $P<0,05$ ) y tendió a afectar la MF ( $P<0,1$ ), MFV ( $P<0,1$ ) y ALTEalt ( $P<0,1$ ). La ALT y la ALTEalt fueron 38% y 31% mayores respectivamente en AOF en relación a BOF. La MF fue 35% y la MFV 45% mayor en AOF comparado a BOF. El %VerEBAJ fue un 11% mayor en AOF.

No se detectaron efectos significativos de la OF sobre %MV, %EBAJpas, ALTEbaj, %EALTpas y %VerEalt.

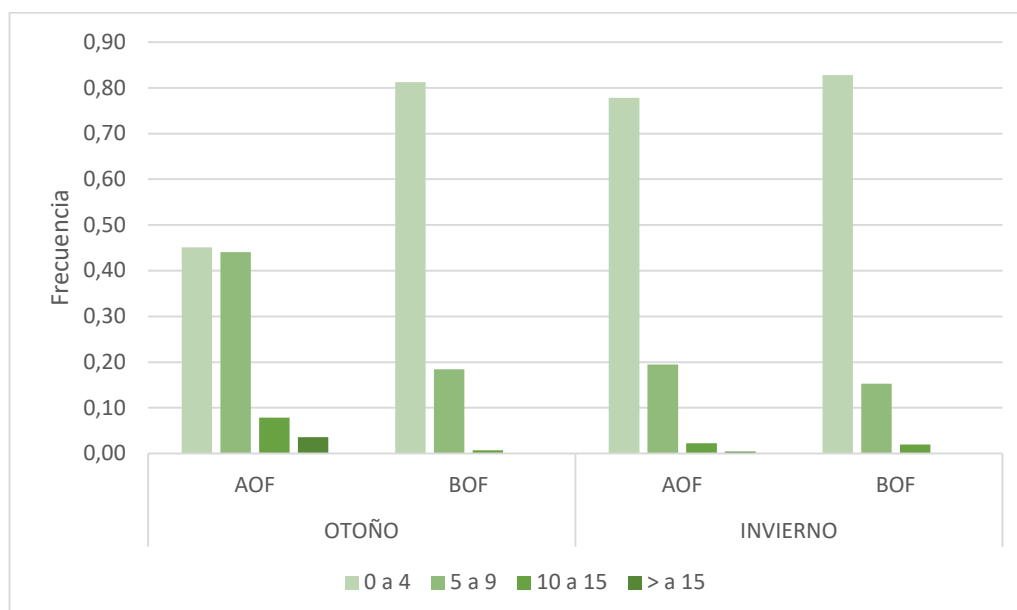
La E presentó efecto significativo sobre ALTEbaj ( $P<0,05$ ), %VerEBAJ ( $P<0,01$ ) Y %VerEALT ( $P<0,01$ ). La ALTEbaj fue un 26% más alta en otoño en relación a invierno, mientras que el %VerEabaj se redujo 10 % al pasar de otoño a invierno. El %VerEalt fue un 14 % más alto en otoño que en invierno.

La E no tuvo efecto significativo sobre la ALT, MF, %MV, MFV, %EBAJpas, %EALTpas y ALTEalt.

Se presenta el efecto de la OF y su interacción con la estación del año sobre los estratos de altura (Figura 4).

**Figura 4**

*Frecuencia de alturas de forraje en Alta (AOF) y Baja (BOF) Oferta de Forraje*



En otoño, la frecuencia del estrato de 0 a 4cm y de 5 a 9cm fue similar en AOF, mientras que en BOF el 80% de los registros se ubicaron en el estrato de 0 a 4 cm. Los estratos de 10 a 15 cm y de alturas mayores a 15 cm presentan una frecuencia del 11% en AOF mientras que en BOF fue despreciable. Al pasar al invierno, se dieron valores similares de frecuencia para los 4 estratos en AOF y BOF, es decir, hay una baja diferenciación de la estructura de la pastura entre tratamientos. Se encontró que el 80% de los registros se ubicaron en el estrato de 0 a 4cm.

#### 4.2. EFECTO DE LA OFERTA DE FORRAJE Y EL GRUPO GENÉTICO SOBRE EL TIEMPO DE PASTOREO, TASA DE BOCADOS, TIEMPO DE RUMIA, ÁREA EXPLORADA Y PORCENTAJE DE LA PARCELA EXPLORADA

En el Cuadro 6 se presenta el efecto de la OF, el GG y la interacción OF\*GG sobre el TP, TB, TR, AE Y %AE para la estación de otoño.

**Cuadro 6**

*Efecto de la OF, GG y OF\*GG sobre variables de comportamiento animal en otoño*

OF	AOF		BOF		EE	OF	GG	OF*GG
GG	PURA	CRUZA	PURA	CRUZA				
TP	528 bc	503 c	552 ab	579 a	12,5	<0,01	0,92	0,04
TB	52 c	40 d	59 a	54 b	0,8	<0,01	<0,01	<0,01
TR	524	527	504	522	9,0	0,17	0,19	0,40
AE	88007 b	108544 a	85338 bc	80082 c	3738,4	<0,01	0,02	<0,01
%AE	68,5	75,3	74,8	80,9	2,59	0,02	0,02	0,89

*Nota.* OF= oferta de forraje, GG= grupo genético de la vaca, EE= error estándar, AOF= Alta oferta de forraje, BOF= Baja oferta de forraje, TP= tiempo de pastoreo (minutos/día), TB= tasa de bocados (bocados/minuto), TR= tiempo de rumia (minutos/día), AE= área explorada por vaca (m<sup>2</sup>/animal/día), %AE= porcentaje de la parcela explorada (%).

La OF en otoño afectó el TP, TB, AE y %AE. Las vacas de AOF pastorearon por 50 minutos menos en el día que las vacas de BOF (516 vs. 566 ± 9,14; P<0,01). La TB fue un 10% menor en AOF en relación a BOF (46,30 vs. 56,50 ± 0,553; P<0,01). Las vacas de AOF exploraron 15566m<sup>2</sup> por día más que las de BOF (98276 vs. 82710 ± 3068,9; P<0,01), mientras que exploraron un 6% menos de la parcela (71,9 vs. 77,8 ± 1,83; P=0,02).

En otoño, el GG afectó la TB, AE y %AE. La TB en las vacas Puras fue un 14% mayor en relación a las vacas Cruza (55,38 vs. 47,42 ± 0,527; P<0,01). Las vacas Puras exploraron 7641m<sup>2</sup> por día menos (86672 vs. 94313 ± 3068,2; P=0,02), mientras que exploraron un 6% menos de la parcela (71,7 vs. 78,1 ± 1,83; P=0,02), comparado a las vacas Cruza.

La interacción OF\*GG afectó el TP, TB y AE. Las vacas Cruza en BOF pastorearon por 76 minutos más respecto a las vacas Cruza en AOF, mientras que, para las vacas Puras, no se detectaron diferencias en el TP según la OF. La TB de las vacas Puras en AOF fue un 29% mayor en relación a las vacas Cruza, mientras que, en BOF, la TB de las vacas Puras fue un 8% mayor, comparado a las vacas Cruza. Las vacas Cruza exploran una mayor área comparado a las vacas Puras en AOF, mientras que en BOF no se detectaron diferencias significativas entre GG.

El TR no fue afectado por la OF, el GG ni la interacción OF\*GG.

En el Cuadro 7 se presenta el efecto de la OF, el GG y la interacción OF\*GG sobre el TP, TB, TR, AE Y %AE para la estación de invierno.

### Cuadro 7

*Efecto de la OF, GG y OF\*GG sobre variables de comportamiento animal en invierno*

OF	AOF		BOF		EE	OF	GG	OF*GG
GG	PURA	CRUZA	PURA	CRUZA				
TP	559 b	607 a	600 a	606 a	13,5	<b>0,05</b>	<b>0,03</b>	<b>0,06</b>
TB	50 a	37 b	52 a	52 a	1,2	<b>&lt;0,01</b>	<b>&lt;0,01</b>	<b>&lt;0,01</b>
TR	529	502	500	450	8,9117	<b>&lt;0,01</b>	<b>0,01</b>	0,20
AE	84338	92620	64649	71611	6393,2	<b>&lt;0,01</b>	0,19	0,91
%AE	66,7 a	64,3 a	56,4 b	72,4 a	4,60	0,90	0,14	<b>0,08</b>

*Nota.* OF= oferta de forraje, GG= grupo genético de la vaca, EE= error estándar, AOF= Alta oferta de forraje, BOF= Baja oferta de forraje, TP= tiempo de pastoreo (minutos/día), TB= tasa de bocados (bocados/minuto), TR= tiempo de rumia (minutos/día), AE= área explorada por vaca (m<sup>2</sup>/animal/día), %AE= porcentaje de la parcela explorada (%).

La OF afectó el TP, TB, TR y AE. Las vacas en AOF realizaron 20 minutos menos de pastoreo (583 vs. 603 ± 11,0; P=0,05) y 41 minutos más de rumia (516 vs. 475 ± 6,1; P<0,01), comparado a las de BOF. La TB fue un 8% menor en AOF en relación a BOF (43,52 vs. 51,94 ± 0,923; P<0,01). Las vacas de AOF exploraron 20349m<sup>2</sup> por día más que las de BOF (88479 vs. 68130 ± 5127,9; P<0,01).

El GG en invierno afectó la TP, TB y TR. Las vacas Puras realizaron 27 minutos menos de pastoreo (580 vs. 607 ± 11,4; P=0,03) y 39 minutos más de rumia (514 vs. 476 ± 6,5; P=0,01), comparado a las vacas Cruza. La TB en las vacas Puras fue un 13% mayor en relación a las vacas Cruza (51,09 vs. 44,37 ± 0,960; P<0,01).

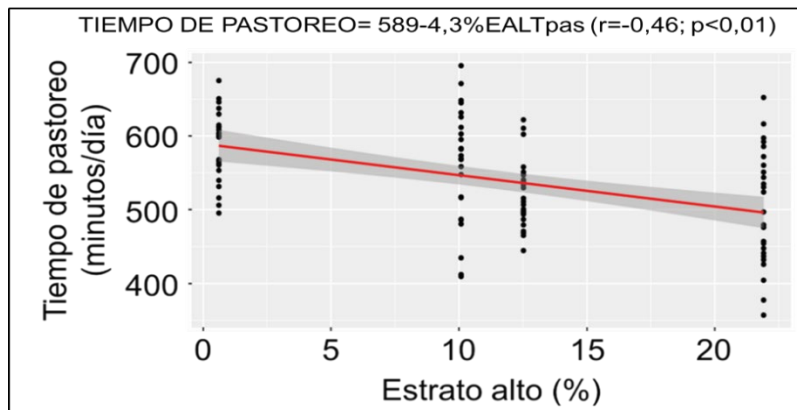
La interacción OF\*GG afectó la TB y tendió a afectar el TP y %AE. Las vacas Puras en AOF tuvieron un menor TP comparado al resto de los tratamientos. La TB de las vacas Cruza fue menor respecto al resto de los tratamientos. Las vacas Puras en BOF exploraron un menor %AE comparado al resto de los tratamientos.

#### 4.3. CORRELACIONES ENTRE VARIABLES DE ESTRUCTURA, COMPORTAMIENTO INGESTIVO Y MOVIMIENTO

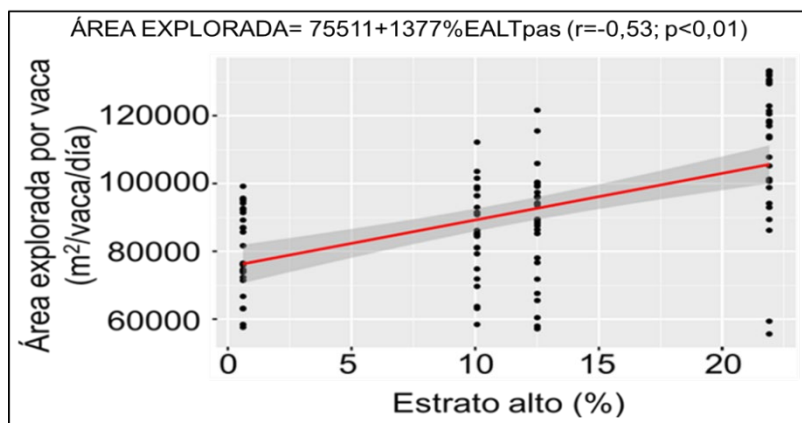
En otoño, el %EAL<sub>Tpas</sub> se asoció negativamente con el TP y la TB y positivamente con el AE (Figura 5, 6 y 7).

**Figura 5**

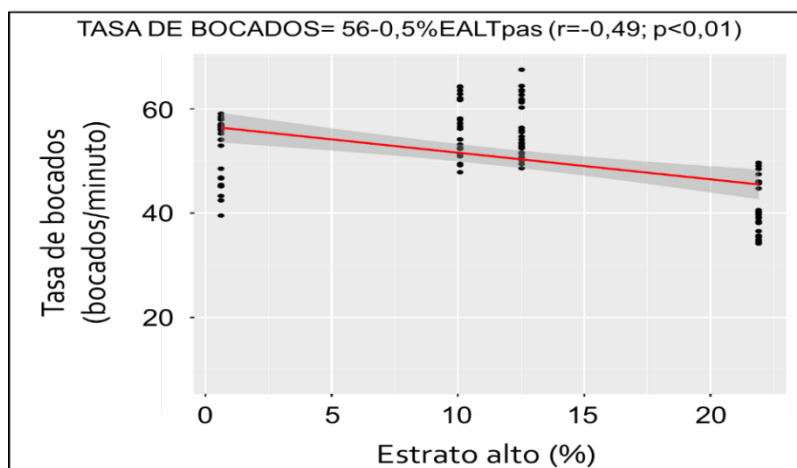
*Asociación entre el tiempo de pastoreo y el porcentaje de estrato alto en otoño*

**Figura 6**

*Asociación entre el área explorada por vaca y el porcentaje de estrato alto en otoño*

**Figura 7**

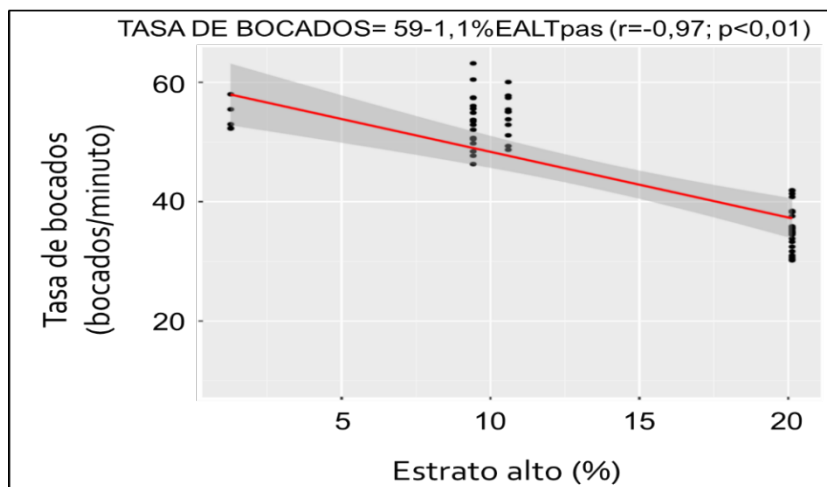
*Asociación entre la tasa de bocados y el porcentaje de estrato alto en otoño*



Al pasar al invierno, el %EALT se asoció negativamente con la TB (Figura 8), sin embargo, se encontró baja asociación entre %EALT con el TP y AE. Además, la TB se asoció negativamente con el %MV ( $r = -0,69$ ;  $p < 0,05$ ), %VerEBAJ ( $r = -0,82$ ;  $p < 0,05$ ), y ALTEalt ( $r = -0,76$ ;  $p < 0,05$ ). El TR se asoció positivamente con ALT ( $r = 0,63$ ;  $p < 0,05$ ), %MV ( $r = 0,85$ ;  $p < 0,05$ ), ALTEbaj ( $r = 0,80$ ;  $p < 0,05$ ), %VerEBAJ ( $r = 0,79$ ;  $p < 0,05$ ), %EALTpas ( $r = 0,62$ ;  $p < 0,05$ ) y ALTEalt ( $r = 0,82$ ;  $p < 0,05$ ).

### Figura 8

*Asociación entre la tasa de bocados y el porcentaje de estrato alto en invierno*



En otoño, el CENM se asoció positivamente con %MV ( $r = 0,72$ ;  $p < 0,01$ ), ALTEbaj ( $r = 0,77$ ;  $p < 0,01$ ) y %VerEBAJ ( $r = 0,74$ ;  $p < 0,01$ ) y negativamente con el %AE ( $r = -0,64$ ;  $p < 0,01$ ). En invierno, el CENM se asoció positivamente con MF ( $r = 0,59$ ;  $p < 0,01$ ), ALTEbaj ( $r = 0,57$ ;  $p < 0,01$ ) y TR ( $r = 0,55$ ;  $p < 0,05$ ) y negativamente con el %AE ( $r = -0,52$ ;  $p < 0,05$ ).



#### 4.4. RELACIÓN ENTRE VARIABLES DE ESTRUCTURA DE FORRAJE, COMPORTAMIENTO, MOVIMIENTO Y CONSUMO DE ENERGÍA

Se encontraron modelos significativos para el consumo de energía neta de mantenimiento (Mcal/día) en otoño e invierno, los cuales explican una proporción moderada y baja de la variación, respectivamente (Cuadro 8).

##### Cuadro 8

*Modelos de regresión lineal múltiple para explicar el consumo de energía neta de mantenimiento (Mcal/día)*

Variable independiente	Coeficiente	Error estándar	Coeficiente	Error estándar
	OTOÑO		INVIERNO	
<b>Intercepto</b>	-36,89	4,748	-8,85	4,652
<b>%EBAJpas</b>	0,26	0,039		
<b>ALTEbaj</b>	9,58	0,825	8,29	2,260
<b>ALTEalt</b>			-0,86	0,250
<b>TB</b>	-0,10	0,028		
<b>TR</b>			0,02	0.006
<b>R<sup>2</sup></b>	0,63		0,36	
<b>Error estándar del modelo</b>	1,514		1.848	
<b>P-valor</b>	<0,01		<0,01	

*Nota.* %EBAJpas= porcentaje de área cubierta por estrato bajo, ALTEbaj= altura del estrato bajo (cm), %EALTpas= porcentaje de área cubierta por estrato alto, TB= tasa de bocados (bocados/minuto), TR= tiempo de rumia (minutos/día).

## 5. DISCUSIÓN

En este trabajo se presenta el primer estudio conjunto del efecto de la OF y el GG de la vaca sobre el comportamiento de pastoreo y de rumia y el movimiento de vacas de cría durante mitad de gestación (otoño) y gestación avanzada (invierno).

La reducción del TP con el aumento de la OF durante otoño podría ser consecuencia del incremento en el porcentaje de estrato alto en AOF, ya que no se encontraron diferencias en la altura del estrato bajo entre OF. Esto coincide con lo reportado por Goday (2023) y permite hipotetizar que la reducción en el TP con el incremento en la OF haya estado asociado a un mayor peso de bocado y tasa de consumo instantánea debido al uso de sitios de mayor altura (Carvalho & de Moraes, 2005; Galli & Cangiano, 1998; Gonçalves et al., 2009), los cuales presentan mayor porcentaje de FDN (Azambuja, 2019). La asociación positiva entre el porcentaje de área cubierta por estrato alto y el TP respalda esta hipótesis.

El incremento en el AE de las vacas Cruza en AOF podría ser explicado por la baja tasa de encuentro con estaciones de alimentación “aceptables” en la medida que se incrementó la cantidad de forraje. Esto puede ser similar a lo observado por Hamidi et al. (2021), quienes encontraron una correlación positiva entre la distancia caminada y la distancia entre parches seleccionados.

Si bien AOF redujo la TB comparado a BOF, las vacas Cruza lo hicieron en mayor magnitud (42%). Esta respuesta estaría asociada a la obtención de bocados más pesados que requieren mayor tiempo de manipulación y masticación previo a la ingestión (Bremm et al., 2012; Carvalho et al., 2013; Gonçalves et al., 2009; Laca et al., 1994). El aumento en el porcentaje de estrato alto y en la altura de la pastura en AOF podría llevar a una mayor utilización de estrato alto (Bremm et al., 2012; Goday, 2023) y obtener bocados más pesados, y en vacas Cruzas el uso del estrato alto sería aún mayor (Goday, 2023). La disminución de la tasa de bocados permite incrementar el tiempo de búsqueda de mejores parches y bocados dentro de cada estación de alimentación lo que podría mejorar la búsqueda (Goday, 2023).

Las vacas Cruza de AOF tuvieron menor TP que en BOF, mientras que las vacas Puras no modificaron el TP entre OF. Esto podría estar asociado a que las vacas Cruza en AOF, probablemente aumentaron la utilización de sitios altos, así como la búsqueda de forraje a escalas espacio-temporales menores, lo cual les permitiría tomar bocados más pesados, incrementando la tasa de consumo de forraje. Por lo tanto, estos resultados muestran que en otoño, el TP de las vacas Cruza en AOF integró, en una escala de día, la TB y el comportamiento más selectivo a escala de estación de alimentación (Goday, 2023).

Las vacas Cruza en AOF tuvieron una mayor AE. No conocemos trabajos que estudien el AE para los GG utilizados en este experimento. Una hipótesis para explicar una mayor exploración en AOF sería que las vacas Cruza, en vegetaciones con presencia de estrato alto, realizan un mayor esfuerzo de búsqueda de sitios con bocados de mayor peso y valor nutritivo (Carvalho & de Moraes, 2005). Si relacionamos con la mayor utilización que realizarían las vacas

Cruza en AOF de estrato alto, tanto la mayor AE como la menor TB serían un mecanismo de búsqueda para compensar el menor valor nutritivo de dicho estrato. Por otro lado, el aumento en la exploración por parte de las vacas Cruza refleja una baja tasa de encuentro con estaciones de alimentación “aceptables” al aumentar la heterogeneidad horizontal de la pastura (Hamidi et al., 2021). Por lo tanto, los cambios en la TB, el TP, y la exploración a escala de día de vacas Cruza en AOF integraría la modificación de la estrategia de selección de las vacas a escala de estación de alimentación y bocados reportada en el estudio de Goday (2023).

El comportamiento y la exploración de vacas Cruza en AOF durante gestación media a escala de día podría indicar que, cuando se enfrentaron a una estructura de la pastura con mayor altura y heterogeneidad horizontal, utilizaron una estrategia orientada a aumentar la búsqueda con el objetivo de reducir el costo de cosecha en términos de tiempo y no a maximizar el consumo. Esta estrategia se podría deber a que el TP y el TR registrados en este trabajo no se ubicaron en registros considerados extremos (Kilgour, 2012). Además, los valores de TP fueron inferiores comparado con otros experimentos que trabajaron con menor OF (Scarlato, 2011). Por lo tanto, esto indicaría que las vacas se encontraban en un ambiente que permitió altos niveles de consumo y, por lo tanto, podría explicar, en parte, que la estrategia de pastoreo de las vacas Cruza en una estructura con estas condiciones no busque maximizar el consumo de energía sino a reducir los costos de pastoreo. El estado interno del animal (estado fisiológico, grupo genético de las vacas y balance energético) también podría contribuir a explicar que las vacas Cruza utilicen esta estrategia de pastoreo. Varios autores reportan que las vacas con bajos requerimientos nutricionales seleccionan una dieta de menor valor nutritivo (Hessle et al., 2014; Sæther et al., 2006). En este sentido, se ha reportado que las vacas Cruza presentan menores requerimientos de mantenimiento respecto a las vacas Puras (Ferrell & Jenkins, 1988), sumado a que, en otoño, el estado fisiológico de las mismas determina un bajo requerimiento de energía asociado a la gestación. Por otro lado, las vacas Cruza tienen un mayor tamaño del retículo-rumen comparado a las Puras (Casal et al., 2014), lo que les permitiría tener una mayor digestibilidad de los alimentos fibrosos, promoviendo un mayor consumo de los mismos (Provenza, 1995).

Las vacas Puras no variaron el TP con la OF, lo cual podría significar que mantuvieron la selectividad hacia el estrato bajo y, por lo tanto, una dieta de mayor calidad, independientemente de los cambios generados en la estructura de la pastura. Probablemente esto fue debido al mayor requerimiento de energía para mantenimiento comparado a las vacas Cruza debido a diferencias en la movilización de tejidos corporales durante gestación (Casal et al., 2016). Esto es similar a lo reportado con Farruggia et al. (2006), quienes encontraron que vacas lactantes, con altos requerimientos, seleccionan una dieta de mayor concentración de nutrientes comparado a vacas no lactantes, con menores requerimientos. Además, la alta CC de estas vacas pudo generar que las mismas no incrementen el TP al disminuir la OF, lo cual coincide con trabajos realizados en ovejas, las que con mayor CC no estaban dispuestas a aumentar el esfuerzo por obtener un alimento a medida que aumentaba la dificultad (Sibbald, 1997; Verbeek et al., 2012).

La estrategia de pastoreo utilizada por la vaca Cruza en AOF orientada a disminuir los costos de cosecha significa que la utilización de los parches de estrato bajo, en estas condiciones, representa un costo para la vaca en términos de tiempo, probablemente debido a una baja tasa de consumo instantánea (Gonçalves et al., 2009), sumado a que, debido a la mayor heterogeneidad horizontal de la pastura, es de esperarse que los parches “aceptables” en términos de valor nutritivo y cantidad de forraje están más dispersos en la pastura (Hamidi et al., 2021). Por lo tanto, el incremento en el peso de bocado debido al uso del estrato alto y el mayor esfuerzo de selección y búsqueda a diferentes escalas espacio-temporales, probablemente sean mecanismos para compensar el impacto negativo que tiene el incremento en la dispersión de los parches bajos “aceptables” y el menor valor nutritivo de los parches utilizados sobre la ingesta de nutrientes. Por otra parte, esta estrategia podría reflejar un mecanismo para asignar una mayor cantidad de tiempo a otras necesidades fisiológicas como descanso, rumia y/o interacciones sociales (Stuth, 1991).

La ausencia de cambios en el TR entre tratamientos apoya la idea de que las vacas Cruza en AOF no apuntaron a maximizar el consumo de forraje ya que ambas variables están directamente relacionadas (Souza et al., 2022). Sin embargo, el efecto positivo del %EBAJpas sobre el CENM (Cuadro 8), podría indicar que las vacas, tanto Cruzas como Puras, dentro de BOF consumieron una dieta de mayor cantidad de energía en relación a las de AOF. Además, el aumento en el TP en BOF compensaría el menor peso de bocado y la menor tasa de consumo (Carvalho et al., 2007; Gonçalves et al., 2009). Por otro lado, en AOF, es probable que el consumo de energía de las vacas Puras haya sido mayor a las vacas Cruza, debido al mayor consumo de estrato bajo. Sin embargo, la menor eficiencia de las vacas Puras comparado a las Cruza, en términos de eficiencia en el uso de la energía (Do Carmo et al., 2021), composición de la movilización de tejidos (Casal et al., 2016) y el tamaño del retículo-rúmen (Casal et al., 2014), probablemente determine que el balance energético sea similar en ambos grupos genéticos.

Durante la gestación tardía (invierno), las vacas Cruza en AOF disminuyeron un 40% la TB comparado al promedio del resto de los tratamientos, similar a lo ocurrido en otoño. Machado (2020), manejando niveles de OF de 4 kg MS/ kg PV para AOF y BOF en invierno, las vacas de AOF tuvieron menor TB asociado a una mayor masa y altura de forraje como consecuencia de una mayor OF en las estaciones previas. La TB se asoció negativamente con el porcentaje de estrato alto en la pastura, lo que sugiere que estaría explicada por un mayor uso de estrato alto, como fue mencionado para otoño. Sin embargo, en invierno no se modificó el TP entre tratamientos, excepto para las vacas Puras en AOF, si bien no se encontró un sentido biológico a dicha reducción. Esto podría estar asociado a que, en invierno, la MF y ALT tendieron a ser más parecidos entre tratamientos, si bien son estadísticamente diferentes, y la heterogeneidad espacial de la estructura tuvo una menor relevancia comparado con otoño (Figura 4). En el mismo sentido, la diferencia en el TP entre AOF y BOF fue de 59 vs 27 minutos.día<sup>-1</sup> para otoño e invierno, respectivamente, lo que respalda la mayor similitud de la estructura de la pastura entre tratamientos. Esto podría indicar que el mayor consumo de estrato alto en las vacas Cruza en AOF no se asoció a un

incremento en la tasa de consumo comparado al resto de los tratamientos, lo cual no permitiría satisfacer las necesidades de consumo en menos tiempo. Por otro lado, en invierno se incrementaron los requerimientos de gestación, lo cual podría mostrar que las vacas Cruza en AOF aumentaron el TP como estrategia de pastoreo para incrementar el consumo de energía.

Las vacas aumentaron un 30% el AE en AOF comparado a BOF. Estos resultados difieren de lo esperado según lo citado por varios autores, ya que en sitios con mayor cantidad de forraje o más productivos se espera una menor AE (Bailey et al., 1996; Henkin et al., 2007; Herrera et al., 2017; Sawalhah et al., 2016; Stella, 2018). Esto podría mostrar un aumento en el esfuerzo de búsqueda, lo que coincide con lo reportado por Goday (2023) a escala de estación de alimentación, quien encontró que a mayor OF las vacas hacen menos estaciones por minuto y dan más pasos entre estaciones. La mayor área explorada en AOF muestra un mayor esfuerzo para seleccionar el sitio sobre el cual pastorear a una escala de día. Este comportamiento probablemente esté explicado por el mayor porcentaje de estrato alto en AOF, lo cual está soportado por la asociación positiva entre AE y %EALTPas. Otro factor que podría contribuir a explicar la mayor AE en AOF, es la diferencia en el área de las parcelas, que son un 27% más grandes en AOF comparado a BOF. En este sentido, se ha reportado que al variar el tamaño de las parcelas de 11 a 26 ha, los animales aumentaron proporcionalmente el AE (Lomillos Perez et al., 2017). En el mismo sentido, según Henkin et al. (2007), en las parcelas de mayor superficie las vacas aumentan el AE asociado a una mayor oportunidad para seleccionar la dieta y el hábitat. Además, Lomillos Perez et al. (2017) reportan que, en parcelas pequeñas, de 10.5ha, el AE es muy inferior si se compara con el AE en parcelas de mayor extensión, de 200ha (siendo el AE 9.79 vs. 115.98 ha.día<sup>-1</sup>, respectivamente). Esto explica las diferencias de magnitud en el AE entre el presente estudio y otros experimentos realizados en potreros mucho mayores (McIntosh et al., 2021; Sawalhah et al., 2016; Stella, 2018).

Al enfrentarse a una pastura de mayor altura, cantidad de forraje y porcentaje de estrato alto como lo es AOF, las vacas en gestación tardía probablemente modificaron la estrategia de pastoreo en el sentido de un mayor esfuerzo de búsqueda así como una mayor selectividad a escala de bocados y estación de alimentación (Goday, 2023). Esto indica que, en estas condiciones, buscaron aumentar el consumo de nutrientes a través de una mayor selectividad a diferentes escalas espacio-temporales. La modificación del TR y TB apoyaría la idea de que las vacas en AOF utilizaron estaciones de alimentación con más FDN y menor concentración energética, así como de un mayor consumo de forraje, comparado con BOF, ya que, de acuerdo con Souza et al. (2022), el consumo de materia seca se relaciona positivamente con el TR. Además, la reducción en la altura del estrato bajo en invierno comparado con otoño, pudo generar mayor utilización del estrato alto, en condiciones de mayor porcentaje del mismo en la pastura, para compensar el menor peso de bocado en el estrato bajo. Por último, la reducción de la calidad del estrato alto comparado a otoño podría haber generado una mayor necesidad de selección por parte de las vacas Cruza. Sin embargo, esta estrategia resultó ser costosa para la vaca debido a que no logró reducir el TP y requirió reducir la TB para tener una mayor selectividad a diferentes

escalas espacio-temporales para seleccionar la dieta, lo cual podría repercutir negativamente sobre la tasa de consumo.

Las vacas de BOF probablemente realizaron un mayor uso de sitios bajos, donde tomaron bocados livianos que determinan una menor tasa de consumo de forraje, pero con mayor concentración energética, lo cual, sumado al aumento del TP podría compensar la menor tasa de consumo y explicaría que el consumo global de energía no difiera respecto a las vacas de AOF, como fue reportado previamente por Goday (2023). Por lo tanto, el comportamiento y exploración de vacas en la escala estudiada muestra que el estado interno del animal, asociado a la etapa fisiológica y grupo genético de la vaca, afectó la toma de decisiones en la selección de sitios donde pastorear y en la estrategia de pastoreo en función de la estructura de la pastura a la cual se enfrentan.

En gestación tardía, el TR fue mayor en AOF comparado a BOF en ambos GG, lo cual sería concordante con un mayor consumo de fibra (Welch & Smith, 1969). Según +, la selección de bocados en el estrato alto requiere un incremento en la rumia debido a que estos sitios están asociados negativamente con la digestibilidad y la tasa de pasaje de la ingesta. Por otro lado, el menor TR en BOF podría reflejar un menor consumo de forraje (Souza et al., 2022) debido a un menor peso de bocado, lo que permitiría inferir que consumieron una dieta de mayor valor nutritivo ya que no se encontraron diferencias en el consumo de energía entre OF según lo reportado previamente por Goday (2023).

## 6. CONCLUSIONES

Las vacas Cruza mostraron una mayor plasticidad ante los cambios en la oferta de forraje asociado a la presencia y uso del estrato alto y cambios en la exploración (redujeron el tiempo de pastoreo, la tasa de bocados e incrementaron el área explorada por vaca), lo cual sucedió tanto en otoño como en invierno, excepto el tiempo de pastoreo que se redujo solamente en otoño.

Las vacas Puras tuvieron mayor tasa de bocados y disminuyeron el esfuerzo de búsqueda como mecanismo utilizado para compensar la menor tasa de consumo comparado a las vacas Cruza, sumado a que probablemente consumieron una dieta de mayor concentración energética.

Las estrategias de pastoreo no parecen tener grandes diferencias en el consumo. Sin embargo, en otoño un menor tiempo de pastoreo en las vacas Cruza en alta oferta de forraje podría ser asignado para cubrir otras necesidades fisiológicas.

La estrategia de pastoreo global de las vacas integró las características del estrato alto, la diferencia de altura entre estratos y los atributos de las vacas Cruza (menores requerimientos, mayor uso de estrato alto, mayor tamaño de retículo-rumen y balance energético positivo), lo cual refleja la plasticidad en el comportamiento para resolver las necesidades de consumo en ambientes pastoriles complejos.

Los resultados experimentales permiten avanzar en la construcción de un modelo conceptual que permita entender las relaciones entre la intensidad de pastoreo, regulada a través de la oferta de forraje, el estado interno del animal y el grupo genético con la estrategia global de pastoreo y el rol que esta cumple en el consumo de energía de vacas de cría en Campos.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Aharoni, Y., Henkin, Z., Ezra, A., Dolev, A., Shabtay, A., Orlov, A., Yehuda, T., & Brosh, A. (2009). Grazing behavior and energy costs of activity: A comparison between two types of cattle. *Journal of Animal Science*, *87*(8), 2719-2731.
- Anderson, D. M., & Kothmann, M. M. (1980). Relationship of distance traveled with diet and weather for Hereford heifers. *Journal of Range Management*, *33*(3), 217-220.
- Azambuja, J. C. R. (2019). *Estratégias de forrageamento de bovinos em campo nativo: Identificando categorias funcionais de bocados e suas relações com atributos de ingestão de nutrientes* [Disertación doctoral]. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul.
- Bailey, D. W., Gross, J. E., Laca, E. A., Rittenhouse, L. R., Coughenour, M. B., Swift, D. M., & Sims, P. L. (1996). Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *Journal of Range Management*, *49*(5), 386-400.
- Bailey, D. W., Kress, D. D., Anderson, D. C., Boss, D. L., & Miller, E. T. (2001). Relationship between terrain use and performance of beef cows grazing foothill rangeland. *Journal of Animal Science*, *79*(7), 1883-1891.
- Bailey, D. W., & Provenza, F. (2008). Mechanisms determining large herbivore distribution. En H. Prins & F. Van Langevelde (Eds.), *Resource ecology: Spatial and temporal dynamics of foraging* (pp. 7-28). Springer.
- Batschelet, E. (1981). *Circular statistics in biology*. Academic Press.
- Bremm, C., Laca, E. A., Fonseca, L., Mezzalira, J. C., Elejalde, D. A. G., Gonda, H. L., & Carvalho, P. C. F. (2012). Foraging behaviour of beef heifers and ewes in natural grasslands with distinct proportions of tussocks. *Applied Animal Behaviour Science*, *141*(3-4), 108-116.
- Carvalho, P. C. F., & de Moraes, A. (2005). Comportamento ingestivo de ruminantes: Bases para o manejo sustentável do pasto. En U. Cecato & C. Cabreira (Eds.), *Manejo sustentável em pastagem* (pp. 1-20). Universidade Estadual de Maringá.
- Carvalho, P. C. F., Santos, D. T., & Neves, F. P. (2007). Oferta de forragem como condicionadora da estrutura do pasto e do desempenho animal. En M. Dall'Agnol, C. Nabinger, D. Menezes Santana, & R. J. dos Santos (Eds.), *Sustentabilidade produtiva do bioma pampa* (pp. 23-60). Gráfica Metrópole.
- Carvalho, P. C. F., Trindade, J. K., Bremm, C., Mezzalira, J. C., & Fonseca, L. (2013). Comportamento ingestivo de animais em pastejo. En R. A. Reis, T. F. Bernardes, & G. R. Siqueira (Eds.), *Forragicultura: Ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros* (pp. 525-545). Gráfica Multipress.



- Casal, A., Astessiano, A. L., Espasandin, A. C., Trujillo, A. I., Soca, P., & Carriquiry, M. (2016). Changes in body composition during the winter gestation period in mature beef cows grazing different herbage allowances of native grasslands. *Animal Production Science*, 57(3), 520-529.
- Casal, A., Veyga, M., Astessiano, A. L., Espasandin, A. C., Trujillo, A. I., Soca, P., & Carriquiry, M. (2014). Visceral organ mass, cellularity indexes and expression of genes encoding for mitochondrial respiratory chain proteins in pure and crossbred mature beef cows grazing different forage allowances of native pastures. *Livestock Science*, 167(1), 195-205.
- Casalás, F. (2019). *Dinámica espacio temporal de la estructura del campo natural bajo dos ofertas de forraje* [Tesis de maestría]. Universidad de la República.
- Castaño, J. P., Giménez, A., Ceroni, M., Furest, J., & Aunchayna, R. (2011). *Caracterización agroclimática del Uruguay: 1980 - 2009*. INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2538/1/18429021211104157.pdf>
- Cid, M. S., & Brizuela, M. Á. (1998). Heterogeneity in tall fescue pastures created and sustained by cattle grazing. *Journal of Range Management*, 51(6), 644-649.
- 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.
- Coughenour, M. (1991). Spatial components of plant-herbivore interactions in pastoral, ranching, and native ungulate ecosystems. *Journal of Range Management*, 44(6), 530-542.
- 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 Ecology & Management*, 69(1), 59-67.
- Da Trindade, J. K., Pinto, C. E., Neves, F. P., Mezzalira, J. C., Bremm, C., & Genro, T. C. M., Tischler, M. R., Nabinger, C., Gonda, H. L., Carvalho, P. C. F. (2012). Forage allowance as a target of grazing management: Implications on grazing time and forage searching. *Rangeland Ecology & Management*, 65(4), 382-393.
- Díaz Falú, E. M., Brizuela, M. Á., Cid, M. S., Cibils, A. F., Cendoya, M. G., & Bendersky, D. (2014). Daily feeding site selection of cattle and sheep co-grazing a heterogeneous subtropical grassland. *Livestock Science*, 161, 147-157.
- Do Carmo, M. (2013). *Efecto de la oferta de forraje y genotipo vacuno sobre la productividad de la cría vacuna en campos de Uruguay* [Tesis de maestría]. Universidad de la República.

- Do Carmo, M., Cardozo, G., Mecatti, F., Soca, P., & Hirata, M. (2020). Number of samples for accurate visual estimation of mean herbage mass in Campos grasslands. *Agronomy Journal*, 112(4), 2734-2740.
- Do Carmo, M., Genro, T. C., Cibils, A. F., & Soca, P. (2021). Herbage mass and allowance and animal genotype affect daily herbage intake, productivity, and efficiency of beef cows grazing native subtropical grassland. *Journal of Animal Science*, 99(10), Artículo skab279.  
<https://doi.org/10.1093/jas/skab279>
- 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(1), 32-41.
- Dumont, B., Garel, J. P., Ginane, C., Decuq, F., Farruggia, A., Pradel, P., Rigolot, C., & Petit, M. (2007). Effect of cattle grazing a species-rich mountain pasture under different stocking rates on the dynamics of diet selection and sward structure. *Animal*, 1(7), 1042-1052.
- Dumont, B., Rook, A. J., Coran, C., & Röver, K. U. (2007). Effects of livestock breed and grazing intensity on biodiversity and production in grazing systems: Diet selection. *Grass and Forage Science*, 62(2), 159-171.
- Farruggia, A., Dumont, B., D'hour, P., Egal, D., & Petit, M. (2006). Diet selection of dry and lactating beef cows grazing extensive pastures in late autumn. *Grass and Forage Science*, 61(4), 347-353.
- Ferrell, C. L., & Jenkins, T. G. (1988). Influence of biological types on energy requirements. En R. L. Hruska (Ed.), *Beef research program: Progress report no. 3* (pp. 86-90). USDA.
- Funston, R. N., Kress, D. D., Havstad, K. M., & Doornbos, D. E. (1991). Grazing behaviour of rangeland beef cattle differing in biological type. *Journal of Animal Science*, 69(4), 1435-1442.
- Galli, J. R., & Cangiano, C. A. (1998). Relación entre la estructura de la pastura y las dimensiones del bocado y sus implicancias en el consumo en bovinos. *Revista Argentina de Producción Animal*, 18(3), 247-261.
- Genro, T., & Nabinger, C. (2009). *Considerações para o uso sustentável da pastagem natural com diferentes intensidades de uso*. EMBRAPA.  
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/748269/1/DT95.pdf>
- Goday, J. (2023). *Estudio de la selectividad de estratos y comportamiento a nivel de estación de alimentación en vacas pura y Cruza a diferentes ofertas de forraje en pastoreo de campo natural* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Gonçalves, E. N., Carvalho, P. C. F., Kunrath, T. R., Carassai, I. J., Bremm, C., & Fischer, V. (2009). Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: Processo de ingestão de forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(9), 1655-1662.

- Hamidi, D., Komainda, M., Tonn, B., Harbers, J., Grinnell, N. A., & Isselstein, J. (2021). The effect of grazing intensity and sward heterogeneity on the movement behaviour of suckler cows on semi-natural grassland. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, Artículo e639096. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.639096>
- Haydock, K., & Shaw, N. (1975). The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 15(76), 663-670.
- Henkin, Z., Brosh, A., Ungar, E. D., Dolev, A., Yehuda, Y., & Aharoni, Y. (2007). The spatial distribution and activity of cattle in response to plot size. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 16(2), 399-404.
- Herrera, O. A., Jaimes, F., Cendoya, M. G., Blanco, L. J., Ferrando, C. A., Moltoni, A., Ricci, P., & Cibils, A. F. (2017). Exploración del área en pastoreo del Criollo Argentino y Angus en pastizales de La Rioja. *Revista Argentina de Producción Animal*, 37(1), 173-243.
- Hessle, A., Dahlström, F., Bele, B., Norderhaug, A., & Söderström, M. (2014). Effects of breed on foraging sites and diets in dairy cows on mountain pasture. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 10(4), 334-342.
- Johnson, D. E., Clark, P. E., Larson, L. L., Wilson, K. D., Louhaichi, M., Freeburg, T., & Williams, J. (2016). Cattle use of off-stream water developments across a northeastern Oregon landscape. *Journal of Soil and Water Conservation*, 71(6), 494-502.
- Kilgour, R. J. (2012). In pursuit of "normal": A review of the behaviour of cattle at pasture. *Applied Animal Behaviour Science*, 138(1), 1-11.
- Knight, C. W., Bailey, D. W., & Faulkner, D. (2018). Low-cost global positioning system tracking collars for use on cattle. *Rangeland ecology & management*, 71(4), 506-508.
- Laca, E. A., Ungar, E. D., & Demment, M. W. (1994). Mechanisms of handling time and intake rate of a large mammalian grazer. *Applied Animal Behaviour Science*, 39(1), 3-19.
- Lomillos Pérez, J. M., Alonso de la Varga, M. E., García, J. J., & Gaudioso Lacasa, V. R. (2017). Monitoring lidia cattle with GPS-GPRS technology: A study on grazing behaviour and spatial distribution. *Veterinaria México*, 4(4), Artículo e405. <https://doi.org/10.21753/vmoa.4.4.405>
- Machado, F. D. (2020). *Análisis del patrón de pastoreo de vacas de cría frente a cambios en la oferta de forraje de campo natural* [Tesis de maestría]. Universidad de la República.
- McIntosh, M. M., Cibils, A. F., Estell, R. E., Nyamuryekung'e, S., González, A. L., Gong, Q., Cao, H., Spiegel, S. A., Soto-Navarro, S. A., & Blair, A. D. (2021). Weight gain, grazing behavior and carcass quality of desert grass-fed Rarámuri Criollo vs. crossbred steers. *Livestock Science*, 249, Artículo e104511. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104511>

- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. (1976). *Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay* [Mapa].  
[https://descargas.mgap.gub.uy/DGRN/Comunicaciones/1619\\_carta\\_de\\_reconocimiento\\_de\\_suelos\\_del\\_uruguay\\_1.1.000.000\\_imprimir\\_a0\\_0.pdf](https://descargas.mgap.gub.uy/DGRN/Comunicaciones/1619_carta_de_reconocimiento_de_suelos_del_uruguay_1.1.000.000_imprimir_a0_0.pdf)
- Moojen, E. L., & Maraschin, G. E. (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. O., & Lucas, H. L. (1952). The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. En R. E. Wagner (Ed.), *Proceedings of the sixth international grassland congress* (pp. 1380-1385). Pennsylvania State College.
- Peinetti, H. R., Fredrickson, E. L., Peters, D. P., Cibils, A. F., Octavio Roacho-Estrada, J., & Laliberte, A. S. (2011). Foraging behavior of heritage versus recently introduced herbivores on desert landscapes of the American Southwest. *Ecosphere*, 2(5), 1-14.
- Pinto, C. E., Carvalho, P. C. F., Frizzo, A., da Fontoura Júnior, J. A. S., Nabinger, C., & Rocha, R. (2007). Comportamento ingestivo de novilhos em pastagem nativa no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 319-327.
- Pinto, C. E., Wallau, M., & Boldrini, I. (2019). Estrutura da vegetação e composição florística. En P. C. F. Carvalho, M. Wallau, C. Bremm, O. Bonnet, J. K. da Trindade, F. Q. da Rosa, T. S. de Freitas, F. G. Moojen, & C. Nabinger (Eds.), *Nativao: + de 30 anos de pesquisa em campo nativo* (pp. 16-20). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Provenza, F. D. (1995). Postingestive feedback as an elementary determinant of food preference and intake in ruminants. *Journal of Range Management*, 48(1), 2-17.
- Rivero, M. J., Grau-Campanario, P., Mullan, S., Held, S. D. E., Stokes, J. E., Lee, M. R. F., & Cardenas, L. M. (2021). Factors affecting site use preference of grazing cattle studied from 2000 to 2020 through GPS tracking: A review. *Sensors*, 21(8), Artículo e2696. <https://doi.org/10.3390/s21082696>
- Rosengurtt, B. (1943). *Estudios sobre praderas naturales del Uruguay: 3ª contribución*. Barreiro y Ramos.
- Sawalhah, M. N., Cibils, A. F., Maladi, A., Cao, H., Vanleeuwen, D. M., Holechek, J. L., Black Rubio, C. M., Wesley, R. L., Endecott, R. L., Mulliniks, T. J., & Petersen, M. K. (2016). Forage and weather influence day versus nighttime cow behavior and calf weaning weights on rangeland. *Rangeland Ecology & Management*, 69(2), 134-143.
- 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]. Universidad de la República.
- Schoenbaum, I., Kigel, J., Ungar, E. D., Dolev, A., & Henkin, Z. (2017). Spatial and temporal activity of cattle grazing in Mediterranean oak woodland. *Applied Animal Behaviour Science*, 187, 45-53.

- Searle, K. R., Thompson Hobbs, N., & Shipley, L. A. (2005). Should I stay or should I go?: Patch departure decisions by herbivores at multiple scales. *Oikos*, *111*(3), 417-424.
- Senft, R. L., Coughenour, M., Bailey, D., Rittenhouse, L., Sala, O., & Swift, D. (1987). Large herbivore foraging and ecological hierarchies. *BioScience*, *37*(11), 789-799.
- Sibbald, A. M. (1997). The effect of body condition on the feeding behaviour of sheep with different times or access to food. *Animal Science*, *64*(2), 239-246.
- Sneva, F. A. (1970). Behavior of yearling cattle on eastern Oregon range. *Journal of Range Management Archives*, *23*(3), 155-156.
- Soares, A. B., Nabinger, C., Carvalho, P. C. F., & Da Trindade, J. K. (2005). Produção animal e de forragem em pastagem nativa submetida a distintas ofertas de forragem. *Ciência Rural*, *35*(5), 1148-1154.
- Soca, P., Carriquiry, M., Do Carmo, M., Scarlato, S., Astessiano, A., Genro, C., Claramunt, M., & Espasandín, A. (2013). Oferta de forraje del campo natural y resultado productivo de los sistemas de cría vacuna del Uruguay: I. Producción, uso y conservación del forraje aportado por campo natural. En G. Quintans & A. Scarsi (Eds.), *Seminario de actualización técnica: Cría vacuna* (pp. 97-117). INIA.
- Souza, J. G., Ribeiro, C. V., & Harvatine, K. J. (2022). Meta-analysis of rumination behavior and its relationship with milk and milk fat production, rumen pH, and total-tract digestibility in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *105*(1), 188-200.
- Spiegel, S., Estell, R. E., Cibils, A. F., James, D. K., Peinetti, H. R., Browning, D. M., Roming, K. B., González, A. L., Lyons, A. J., & Bestelmeyer, B. T. (2019). Seasonal divergence of landscape use by heritage and conventional cattle on desert rangeland. *Rangeland Ecology & Management*, *72*(4), 590-601.
- Stella, F. (2018). *Selección de sitios de alimentación de bovinos situados en pastizales naturales de Pampa Austral y Pampa Deprimida, provincia de Buenos Aires* [Trabajo final de grado]. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Stewart, K. E. J., Bourn, N. A. D., & Thomas, J. A. (2001). An evaluation of three quick methods commonly used to assess sward height in ecology. *Journal of Applied ecology*, *38*(5), 1148-1154.
- Stuth, J. (1991). Foraging behavior. En R. Heitschmidt & J. Stuth (Eds.), *Grazing management: An ecological perspective* (pp. 85-108). Timber Press.
- Sæther, N. H., Sickel, H., Norderhaug, A., Sickel, M., & Vangen, O. (2006). Plant and vegetation preferences for a high and a moderate yielding Norwegian dairy cattle breed grazing semi-natural mountain pastures. *Animal Research*, *55*(5), 367-387.
- Tomkins, N. W., O'Reagain, P. J., Swain, D., Bishop-Hurley, G., & Charmley, E. (2009). Determining the effect of stocking rate on the spatial distribution of cattle for the subtropical savannas. *The Rangeland Journal*, *31*(3), 267-276.

- Trujillo, A. I., Orcasberro, R., Beretta, V., Franco, J., & Burgueño, J. (1996). Performance of Hereford cows under conditions of varied forage availability during late gestation. En International Atomic Energy Agency (Ed.), *Development of feed supplementation strategies for improving ruminant productivity on small-holder farms in Latin America through the use of immunoassay techniques* (pp. 69-80).
- Verbeek, E., Waas, J. R., Oliver, M. H., McLeay, L. M., Ferguson, D. M., & Matthews, L. R. (2012). Motivation to obtain a food reward of pregnant ewes in negative energy balance: Behavioural, metabolic and endocrine considerations. *Hormones and Behavior*, 62(2), 162-172.
- Vizcarra, J. A., Ibañez, W., & Orcasberro, R. (1986). Repetibilidad y reproducibilidad de dos escalas para estimar la condición corporal de vacas Hereford. *Investigaciones Agronómicas*, 7(1), 45-47.
- Welch, J. G., & Smith, A. M. (1969). Effect of varying amounts of forage intake on rumination. *Journal of Animal Science*, 28(6), 827-830.
- Werner, J., Leso, L., Umstatter, C., Niederhauser, J., Kennedy, E., Geoghegan, A., Shalloo, L., Schick, M., & O'Brien, B. (2018). Evaluation of the rumiwatch system for measuring grazing behaviour of cows. *Journal of Neuroscience Methods*, 300, 138-146.
- Werner, J., Umstatter, C., Kennedy, E., Grant, J., Leso, L., Geoghegan, A., Shalloo, L., Schick, M., & O'Brien, B. (2019). Identification of possible cow grazing behaviour indicators for restricted grass availability in a pasture-based spring calving dairy system. *Livestock Science*, 220, 74-82.

8. ANEXO

## ANEXO A

**Cuadro A1***Relación entre variables de estructura, comportamiento ingestivo y movimiento para otoño*

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. CENM									
2. ALT	.52*								
3. MF	.34	.94**							
4. %MV	.72**	.88**	.68**						
5. %EBAJpas	-.32	-.84**	-.93**	-.48**					
6. ALTEbaj	.77**	.77**	.56**	.80**	-.60**				
7. %VerEBAJ	.74**	.87**	.68**	.91**	-.64**	.98**			
8. %EALTpas	.33	.87**	.94**	.53**	-1.00**	.62**	.67**		
9. ALTEalt	.42	.85**	.87**	.55**	-.97**	.75**	.75**	.97**	
10. %VerEALT	.73**	.44**	.19	.80**	.12	.42**	.54**	-.06	-.06
11. %AE	-.64**	-.25*	-.16	-.31**	.12	-.30**	-.31**	-.14	-.17
12. AE	-.12	.40**	.51**	.15	-.54**	.16	.20*	.53**	.48**
13. DIS	-.23	-.20*	-.26**	-.05	.31**	-.12	-.12	-.30**	-.29**
14. VEL	-.23	-.21*	-.27**	-.06	.32**	-.12	-.13	-.31**	-.30**
15. SIN	-.24	-.31**	-.36**	-.23*	.28**	-.10	-.17	-.29**	-.23*
16. TP	-.27	-.47**	-.48**	-.36**	.45**	-.31**	-.37**	-.46**	-.43**
17. SP	.24	.09	.02	.11	-.07	.23*	.19*	.07	.13
18. TB	.20	-.25**	-.48**	.09	.51**	.16	.09	-.49**	-.37**
19. TR	-.14	.18	.18	.18	-.10	.03	.09	.11	.07
20. SR	.74**	.21*	.03	.36**	-.04	.47**	.43**	.05	.15
21. TMR	-.71**	-.21*	-.11	-.18	.24*	-.48**	-.39**	-.24*	-.35**

Variable	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
11. %AE	-.25*										
12. AE	-.16	.75**									
13. DIS	.14	.22*	.02								
14. VEL	.15	.18	-.02	.95**							
15. SIN	-.11	.16	-.10	.02	.00						
16. TP	-.13	.11	-.20*	.08	.07	.13					
17. SP	.04	.02	.04	.02	.01	.13	-.14				
18. TB	.37**	-.11	-.41**	.20*	.21*	.24*	-.02	.10			
19. TR	.16	.03	.13	.03	.06	-.17	-.32**	-.32**	-.06		
20. SR	.32**	-.16	-.11	-.13	-.11	.04	-.04	.29**	.31**	-.09	
21. TMR	.03	.14	-.01	.31**	.32**	-.06	.03	-.25*	.01	.37**	-.52**

*Nota.* ALT= altura de la pastura (cm), MF= masa de forraje (kgMS/ha), %MV= porcentaje de materia verde en la pastura, %EBAJpas= porcentaje de área cubierta por estrato bajo, ALTEbaj= altura del estrato bajo (cm), %VerEBAJ= porcentaje de materia verde en el estrato bajo, %EALTpas= porcentaje de área cubierta por estrato alto, ALTEalt= altura del estrato alto (cm), %VerEALT= porcentaje de materia verde del estrato alto, TP= tiempo de pastoreo (minutos/día), SP= sesiones de pastoreo (número/día), TB= tasa de bocados (bocados/minuto), TR= tiempo de rumia (minutos/día), SR= sesiones de rumia (número/día), TMR= tasa de masticaciones de rumia (masticaciones/minuto), AE= área explorada por vaca (m<sup>2</sup>/animal/día), %AE= porcentaje de la parcela explorada (%), DIS= distancia caminada por día (m/día), VEL= velocidad de la caminata (m/minuto), SIN= sinuosidad de la caminata. \* indica p < 0,05. \*\* indica p < 0,01.



**Cuadro A2***Relación entre variables de estructura, comportamiento ingestivo y movimiento para invierno*

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.CENM									
2. ALT	.43*								
3. MF	.59**	.86**							
4. %MV	.27	.64**	.58**						
5. %EBAJpas	.09	.20	.27*	-.60**					
6. ALTEbaj	.57**	.69**	.90**	.79**	-.13				
7. %VerEBAJ	.10	.54**	.31*	.93**	-.71**	.51**			
8. %EALTpas	-.05	-.11	-.17	.67**	-.99**	.22	.76**		
9. ALTEalt	.16	.63**	.43**	.96**	-.64**	.61**	.99**	.71**	
10. %VerEALT	.60**	.81**	.99**	.46**	.40**	.85**	.17	-.30*	.29*
11. %AE	-.52*	.03	-.10	-.09	.07	-.17	-.01	-.08	-.02
12. AE	-.46*	.13	-.07	.27*	-.31*	-.01	.39**	.31*	.36**
13. DIS	-.23	-.24	-.24	-.79**	.77**	-.62**	-.76**	-.79**	-.75**
14. VEL	-.24	-.25	-.26	-.79**	.76**	-.64**	-.75**	-.78**	-.75**
15. SIN	-.11	.07	-.11	.60**	-.76**	.23	.70**	.76**	.66**
16. TP	-.22	-.33	-.10	-.18	.06	-.05	-.25	-.07	-.25
17. SP	-.03	-.31	-.34	-.41	.24	-.45*	-.34	-.27	-.37
18. TB	.18	.10	.28	-.69**	.99**	-.19	-.82**	-.97**	-.76**
19. TR	.55**	.63**	.56*	.85**	-.57**	.80**	.79**	.62**	.82**
20. SR	-.46*	-.54*	-.41	-.83**	.64**	-.68**	-.81**	-.68**	-.83**
21. TMR	.64**	.86**	.69**	.66**	-.20	.69**	.60**	.26	.65**

Variable	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
11. %AE	-.10										
12. AE	-.13	.90**									
13. DIS	-.09	.54*	-.06								
14. VEL	-.11	.56*	-.04	1.00**							
15. SIN	-.26	-.06	.46*	-.57**	-.56*						
16. TP	-.05	-.24	-.33	-.27	-.27	-.20					
17. SP	-.28	.32	.06	.52*	.53*	-.43	-.19				
18. TB	.46*	.11	-.54*	.72**	.70**	-.74**	.06	.16			
19. TR	.42	-.40	.14	-.66**	-.66**	.42	-.36	-.50*	-.47*		
20. SR	-.26	.40	-.16	.68**	.68**	-.61**	.12	.31	.57**	-.67**	
21. TMR	.59**	-.23	.09	-.22	-.23	.25	-.56*	-.22	-.11	.71**	-.68**

*Nota.* ALT= altura de la pastura (cm), MF= masa de forraje (kgMS/ha), %MV= porcentaje de materia verde en la pastura, %EBAJpas= porcentaje de área cubierta por estrato bajo, ALTEbaj= altura del estrato bajo (cm), %VerEBAJ= porcentaje de materia verde en el estrato bajo, %EALTpas= porcentaje de área cubierta por estrato alto, ALTEalt= altura del estrato alto (cm), %VerEALT= porcentaje de materia verde del estrato alto, TP= tiempo de pastoreo (minutos/día), SP= sesiones de pastoreo (número/día), TB= tasa de bocados (bocados/minuto), TR= tiempo de rumia (minutos/día), SR= sesiones de rumia (número/día), TMR= tasa de masticaciones de rumia (masticaciones/minuto), AE= área explorada por vaca (m<sup>2</sup>/animal/día), %AE= porcentaje de la parcela explorada (%), DIS= distancia caminada por día (m/día), VEL= velocidad de la caminata (m/minuto), SIN= sinuosidad de la caminata. \* indica p < 0,05. \*\* indica p < 0,01.

## ANEXO B

*Modelos de regresión lineal múltiple para explicar el consumo de energía neta de mantenimiento (Mcal/día)*

Variable independiente	Coeficiente	Error estándar	Coeficiente	Error estándar
	OTOÑO		INVIERNO	
Intercepto	-8,497	1,7550	-22,091	4,3776
%MV			1,447	0,1563
%EBAJpas				
ALTEbaj	11,654	1,0328		
%VerEBAJ			-1,672	0,1335
%EALTpas			0,142	0,0639
ALTEalt	-1,119	0,1623		
%VerEALT				
TP			-0,005	0,0020
SP	-0,212	0,0955		
TB	-0,091	0,0265	-0,124	0,0370
TMR			0,971	0,0860
<b>R<sup>2</sup></b>	0,65		0,82	
<b>Error estándar del modelo</b>	1,483		0,998	
<b>P-valor</b>	<0,001		<0,001	

*Nota.* %MV= porcentaje de materia verde en la pastura, %EBAJpas= porcentaje de área cubierta por estrato bajo, ALTEbaj= altura del estrato bajo (cm), %VerEBAJ= porcentaje de materia verde en el estrato bajo, %EALTpas= porcentaje de área cubierta por estrato alto, %VerEALT= porcentaje de materia verde del estrato alto, TP= tiempo de pastoreo (minutos/día), TB= tasa de bocados (bocados/minuto), TMR= tasa de masticaciones de rumia (masticaciones/minuto).