



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

**Efecto de la oferta de forraje y
genotipo animal sobre la electividad por
parches y calidad de la dieta durante el
ciclo productivo de vacas de cría en
pastoreo en campo natural**

Ing. Agr. Agustina Rivoir Caamaño

Maestría en Ciencias Agrarias
Opción Ciencias Animales

Mayo, 2025

**Efecto de la oferta de forraje y genotipo
animal sobre la electividad por parches y
calidad de la dieta durante el ciclo
productivo de vacas de cría en pastoreo
en campo natural**

Ing. Agr. Agustina Rivoir Caamaño

Maestría en Ciencias Agrarias
Opción Ciencias Animales

Mayo, 2025

Tesis aprobada por el tribunal integrado por Ing. Agr. PhD. Mariana Carriquiry, Ing. Agr. PhD. Martin Jaurena y Zootec. Msc. Gabriel Menegazzi el 5 de 5 de 2025.
Autora: Agustina Rivoir Caamaño. Directora: Ing. Agr. PhD. Ana Laura Astessiano.

Dedico este trabajo a mi hermana y familia

Agradecimientos

Le dedico esta tesis a mi hermana Catalina que siempre estuvo al lado mío apoyándome y acompañándome en todo este camino en conjunto.

A Juan Garrido y Bruna Abib, por la ayuda en el trabajo de campo, por el tiempo compartido y las tardes en la EEBR.

A Martin Do Carmo, Pablo Soca y Martín Claramunt, por la ayuda para finalizar la tesis.

Al Grupo de Lechería de la EEMAC, que me dejaron trabajar con ustedes durante un período de tiempo y siempre apoyándome a terminar la maestría.

A mis amigas, madre, padre, abuela, tíos y tías, por haberme dado una mano siempre para poder terminar el trabajo.

Tabla de contenido

	Página
<u>Resumen</u>	<u>VI</u>
<u>Summary</u>	<u>VII</u>
<u>1. Introducción</u>	<u>1</u>
1.1. Objetivo general.....	5
1.2. Hipótesis	5
<u>1.3.1. Modelo conceptual de la selectividad bajo pastoreo</u>	<u>5</u>
<u>1.3.2. Índices de selectividad</u>	<u>16</u>
1.4. Esquema general de la tesis	22
<u>2. Materiales y métodos.....</u>	<u>24</u>
2.1. Sitio experimental, diseño y tratamientos	24
2.2. Atributos del forraje.....	25
<u>2.2.1. A escala del potrero</u>	<u>25</u>
<u>2.2.2. A escala de 50 x 50 m (transecta).....</u>	<u>25</u>
2.3. Animales	26
2.4. Comportamiento animal	26
<u>2.4.1. Definición de parche alto y bajo para el comportamiento</u>	<u>27</u>
<u>2.4.2. Composición química de los parches y simulación de la dieta</u>	<u>28</u>
2.5. Elección de parches.....	28
2.6. Selectividad de dieta a partir del <i>handclipping</i>	29
2.7. Análisis estadístico	29
<u>3. Resultados y discusión general por estación</u>	<u>30</u>
3.1. Verano.....	30
3.2. Otoño.....	36
3.3. Invierno.....	42
<u>3.4. Relaciones entre el comportamiento ingestivo, selectividad de la dieta y electividad de los parches</u>	<u>48</u>

<u>4. Discusión general</u>	<u>51</u>
<u>5. Conclusiones.....</u>	<u>55</u>
<u>6. Herbage allowance and genotype influence cow selectivity, affecting forage utilization and grazing behavior seasonally.....</u>	<u>56</u>
6.1. Introduction	57
6.2. Materials and methods	60
6.2.1. Experimental site, design and treatments	60
6.2.2. Animals.....	60
6.2.3. Pasture atributes.....	61
6.2.4. Animal behavior	62
6.2.6. Covariation forage mass with quality	63
6.2.7. Statical analyses.....	64
6.3. Results.....	64
6.3.1. Forage structure	64
6.3.2. Animal BW and BCS.....	67
6.3.3. Animal behavior	68
6.3.4. Selectivity indexes.....	68
6.4. Discussion	69
6.4.1. Performance and ingestive behavior.....	69
6.4.2. Forage structure and selectivity index	71
6.5. Conclusions.....	73
6.6. References.....	74
<u>7. Bibliografia.....</u>	<u>79</u>

Resumen

Un aumento en la oferta de forraje (OF) por encima de 6 kgMS/kgPV en campo natural incrementa la heterogeneidad del forraje, lo que, según la selectividad y conducta en pastoreo, podría mejorar el consumo energético y los servicios ecosistémicos. Comprender la relación entre estructura de la pastura, selectividad y comportamiento ingestivo en pastoreo contribuye a entender la estrategia diaria de vacunos en campo natural. Este estudio evaluó los cambios en la estructura de la pastura, la selectividad y la el comportamiento ingestivo de vacas Hereford, Aberdeen Angus y sus cruzas durante el pastoreo de diferentes OF. Se compararon dos OF y dos genotipos (PU: pura y CR: cuza) en otoño, invierno y verano (AOF: 10 kgMS/kgPV y BOF: 6 kgMS/kgPV). Se analizaron la estructura de la pastura, los índices de selectividad por parches altos y bajos (EPA; EPB), fibra detergente ácida (SiFDA) y proteína cruda (SiPC), además del comportamiento ingestivo (EA, BOC/EA y TB). Durante verano y otoño, las parcelas AOF mostraron mayor biomasa, altura y cobertura de parches altos, con menor presencia de parches bajos ($P < 0,05$). En ambas estaciones, las vacas evitaron los PA, concentrando más del 90 % de los bocados en PB. En invierno, aunque la biomasa y altura siguieron siendo mayores en AOF, la calidad fue similar entre tratamientos. La preferencia por PB se mantuvo. El comportamiento ingestivo se moduló por la estructura del forraje sin cambios en la tasa de bocado. Las vacas BOF-CR realizaron más EA ($P < 0,05$) pero tuvieron menos BOC/EA ($P < 0,05$), con dietas de menor FDA y mayor PC que lo ofrecido. Los árboles de componente principales indicaron que los índices de selectividad están influenciados por la configuración del forraje. Estos resultados confirman una relación estrecha entre estructura del forraje y el genotipo utilizado con la selectividad en el pastoreo.

Palabras clave: selectividad, pastoreo, campo natural, cría vacuna

Effect of forage allowance and animal genotype on patch selectivity and diet quality during the productive cycle of breeding cows grazing campos grassland

Summary

An increase in herbage allowance (HA) above 6 kgDM/kgBW in natural pasture increases forage heterogeneity. Depending on grazing behavior, selectivity may enhance energy intake and ecosystem services. Understanding pasture structure, selectivity and grazing behavior at the grazing session scale improves knowledge of cattle strategies on natural pasture. This study evaluated changes in pasture structure, selectivity and behavior of Hereford and Aberdeen Angus breeding cows and their crossbreeds under different HA levels. Treatments included two HA levels (High HA: 10 kgDM/kgBW; Low HA: 6 kgDM/kgBW) and two genotypes (Purebred: PU; Crossbred: CR) during gestation. Evaluated variables included pasture structure, selectivity indices for low and high patches (LPSI; HPSI), ADF (SiADF), CP (SiCP) and ingestive behavior at the feeding station level (FS; BOC/FS; BR). Forage data were analyzed using t-tests, ingestive behavior with GLM models ($P < 0.05$) and selectivity through principal component analysis. During summer and autumn, when forage structure differentiation was highest, high HA plots had greater mass, height and high-patch (HP) coverage, with lower low-patch (LP) coverage ($P < 0.05$). HP were avoided in both seasons, with over 90% of bites concentrated on LP. In winter, high HA plots maintained greater mass and height but with similar quality. HP coverage varied by treatment, being avoided less than in other seasons but still not preferred, while LPs remained the preferred patch type. In some cases, HP were even selected, but consumption was still focused on LP. Ingestive behavior was influenced by forage structure. BOF-CR cows had higher FS/min ($P < 0.05$), while BR remained stable across treatments ($P > 0.05$) and BOC/FS was lower in BOF-CR ($P < 0.05$). The nutritional value of diets varied, with BOF-CR cows harvesting diets with lower ADF and higher CP than offered. The principal component analysis indicated that EPB, EPA, and the SiCP/SiADF ratio are influenced by forage structure. These results confirm a close relationship between forage structure and grazing selectivity.

Keywords: selectivity, grazing, natural pasture, cattle breeding

1. Introducción

En Uruguay el ecosistema predominante se denomina *campos* (Allen et al., 2011), destacado por su gran extensión (700.000 km²), pero también por alimentar a 65 millones de vacunos. En estos pastizales predominan especies C4 y C3, donde las especies leñosas son escasas (Paruelo et al., 2010).

La producción en sistemas pastoriles presenta tres procesos fundamentales que interactúan entre ellas: producción, utilización y conversión del forraje consumido en producto animal (Hodgson, 1990). El flujo de energía abarca desde la captura de radiación solar por parte de la vegetación (crecimiento del forraje) hasta la conversión en producto animal; esto comprende el mayor intercambio dentro de estos sistemas (Briske y Heitshmith, 1991). Las principales limitaciones ecológicas que afectan la eficiencia de la producción animal son tres, 1) la ineficiencia de optimizar simultáneamente intercepción y consumo de forraje, 2) la limitada utilización de esa producción primaria por parte de los animales y 3) la limitada conversión de la energía consumida en producto animal (Briske y Heitshmith, 1991; Parsons et al., 1983). Superar la ineficiencia en la transformación de energía de un escalón al otro puede lograrse interviniendo sobre la interfase planta-animal (producción y consumo), donde el manejo del pastoreo es la principal herramienta para regular el flujo de captación y transformación de energía solar en producto animal.

La producción de forraje en estos ecosistemas presenta oscilaciones por cambios en régimen hídrico y temperatura dentro y entre años (Berretta, 2001), lo que, sumado a la variabilidad de suelos y topografía, explica un alto grado de heterogeneidad en la distribución de cantidad y calidad del forraje ofrecido en planos verticales y horizontales. La manipulación de la intensidad de pastoreo modifica la interacción planta-animal a través de cambios en el consumo de forraje por animal y por hectárea (Briske y Heitshmidt, 1991).

En Uruguay, las investigaciones en ganadería de cría sobre campos proponen el control de la oferta de forraje (OF) con variaciones estacionales como una tecnología para controlar los procesos de producción/consumo y eficiencia en el uso del forraje, con el fin de aumentar la productividad primaria y secundaria, así como también

atenuar el efecto año (Do Carmo et al., 2018, 2021). Sobre el experimento de pastoreo con control de la oferta de forraje a largo plazo ubicado en la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt (EEBR) se ha investigado por más de quince años cómo la gestión de la intensidad de pastoreo afecta la producción animal y los procesos de producción, consumo y eficiencia de uso del forraje. Los resultados iniciales indican que los cambios en la oferta de 3 a 5 kg MS/kgPV mejoran la masa y altura de forraje en un 82 % y 57 %, respectivamente, y aumentan la condición corporal y peso al destete en relación con la baja oferta, sin cambiar la carga animal anual, pero aumentando el consumo de energía (+4 %; Do Carmo et al., 2018). La incorporación de vacas cruza sobre ambos escenarios mejoró la eficiencia biológica del sistema de cría (40 vs. 26,2 y 30 vs. 29,7 g ternero/DMI, cruza vs. pura, alta y baja, respectivamente, Do Carmo et al., 2021).

Piaggio (1994) menciona que, a medida que la OF aumenta, la diferencia entre la proteína cruda ofrecida y seleccionada es mayor, siendo dependiente de la magnitud del cambio de la OF. A OF de 5 % del PV, la dieta seleccionada contiene un 1,7 % más de proteína cruda, pero cuando la OF es de 12 % esta diferencia pasa a ser de 5 %, asociada a una disminución en el consumo de FDN. A medida que aumenta la masa de forraje, aumenta el consumo de materia orgánica, debido a que, al promover la selectividad, los animales cosechan una dieta de mayor digestibilidad, lo que permite aumentar también las ganancias medias diarias.

Hasta el momento, los dos experimentos que controlaron la oferta de forraje con vacas de cría en Uruguay (Do Carmo et al., 2018) y los trabajos en esos experimentos (Carriquiry et al., 2013; Caram, 2019; Casal et al., 2016; Machado, 2020; Scarlato, 2011) reportan el efecto de la oferta de forraje descrita en masa (kg/ha) y altura (cm) sobre variables productivas y reproductivas de comportamiento (Scarlato, 2011; Machado, 2020) y selectividad (Caram, 2019). Sin embargo, el uso de este indicador (oferta de forraje) solo hace referencia a la masa de forraje disponible para el animal, sin una descripción de cómo se encuentra distribuido en el espacio y el tiempo (Hodgson, 1984).

La estructura del forraje se define como el arreglo espacial de la parte aérea, en el plano horizontal y vertical, y se expresa en parches de diferente tipo (especies),

tamaño (porcentaje de cobertura) y distribución en el espacio (Laca y Lemaire, 2000; Li y Reynolds, 1994). El manejo de la oferta de forraje (OF, kg MS/kg PV) a través de cambios en el consumo de forraje/ha provoca modificaciones espacio-temporales en la estructura del forraje (Maraschin et al., 1997). Una reducción en la intensidad de pastoreo le implica al animal la oportunidad de mayor selección de forraje, que puede cambiar en el uso de parches bajos y altos (Dumont et al., 2007; Wallies DeVries y Daleboudt, 1994) y la producción de forraje de los sitios; de esta manera aumenta la proporción de área menos preferida que potencialmente se convertirá en parches altos. Esto podría implicar una reducción en el área efectivamente pastoreada dependiendo de los valores de oferta de forraje y de la producción de forraje de los parches (Cid y Brizuela, 1998). En consecuencia, aumenta la heterogeneidad estructural y comienza a generarse un mosaico de parches altos y bajos que difieren en intensidades y frecuencias de defoliación (Cid y Brizuela, 1998), lo que deriva en un nuevo escenario de como el forraje es ofrecido.

La distribución espacial en masa y calidad del forraje son los determinantes más importantes del comportamiento a través de las escalas (Laca y Lemaire, 2000). Los rumiantes frente a pastoreo hacen uso diferencial de las diferentes áreas o sitios, esta es la principal decisión que toman al comenzar la sesión de pastoreo. Esta decisión resulta afectada por la pendiente, distancia al agua, sombra o abrigo, temperatura, viento, predación, suplementos y barreras físicas impuestas por el hombre o naturales (Bailey et al., 1996). Scarlato (2011) reporta diferencias en el uso de los sitios entre la sesión de pastoreo matutina y vespertina, las vacas de cría mantuvieron a lo largo del experimento un patrón estable asociado a características de la posición de los recursos (agua, sombra y topografía). Hacia la mañana se ubicaron en zonas cercanas al agua, hacia la tarde tendieron a moverse hacia sitios con mayor masa de forraje, lo que se asocia a maximizar el consumo antes del atardecer (Caram, 2021; Hirata et al., 2010; Scarlato, 2011; Stuth, 1991).

El proceso de selectividad involucra la planta, el animal y el ambiente, lo cual lo torna dinámico y de resultado multifactorial. Esta relación planta-animal que surge del proceso es relevante en estos sistemas heterogéneos, donde factores abióticos y bióticos afectan las decisiones de pastoreo y selectividad y a su vez generan

heterogeneidad en el paisaje, lo cual modifica a largo plazo (noventa días) la estructura de la pastura. Este proceso posee diferentes mecanismos de comportamiento ingestivo y digestivo, que surgen de los patrones de comportamiento que operan a través de varias escalas anidadas; puede ocurrir durante el bocado, la estación de alimentación, el parche o el sitio, lo que resulta en diferencias de selectividad y consumo de forraje (Laca y Ortega, 1996; Laca y Lemaire, 2000; Wallis De Vries et al., 1999). Esto impacta sobre la digestibilidad de la dieta (Piaggio, 1994; Poppi et al., 1987), patrones de pastoreo y sobre la comunidad de las plantas en composición y dinámica de poblaciones (Laca, 2008).

Desde 2014, se incrementó la oferta de forraje en el experimento de largo plazo con vacas de cría en EEER, con el objetivo de continuar mejorando el consumo de forraje y la producción animal. En este marco, frente a un menú de diferentes opciones de parches y a su vez diferentes características dentro de cada uno (composición botánica, calidad y cantidad, intensidad de defoliación), el animal toma decisiones sobre dónde, cuándo y cómo consumir forraje para cubrir sus requerimientos fisiológicos a través del ciclo de producción. En este escenario, la selectividad emerge como proceso central en el consumo de energía para resolver la covariación en cantidad y calidad de forraje. Frente a una misma oferta de forraje, las vacas cruzas y puras presentan diferencias en su metabolismo (Casal et al., 2016), lo que deriva en diferencias en sus estrategias para el consumo de forraje (Do Carmo et al., 2021; Scarlato, 2011) y su patrón de comportamiento presentando una relación directa con el balance energético, pudiendo regular el consumo de forraje y el costo energético del proceso. Comprender mejor los mecanismos que gobiernan la selectividad en parches en pastizales heterogéneos es necesario para desarrollar nuevos manejos que mejoren la distribución del pastoreo a escalas desde bocado hasta sitios (Utsumi et al., 2009). Por lo tanto, estudiar los mecanismos de selectividad podría ayudarnos a entender con mayor detalle el consumo de materia seca por parte de las vacas de cría, no solo en términos de cantidad, como se ha reportado en antecedentes, sino también en términos de calidad. Esto resulta particularmente relevante para evaluar el consumo de nutrientes capaces de cubrir los requerimientos necesarios para la gestación y lactancia de un ternero en condiciones de campo natural.

1.1. Objetivo general

El objetivo general del trabajo fue estudiar el comportamiento ingestivo y la selección-elección de parches de vegetación de vacas pura y cruza, pastoreando *campos* durante el ciclo productivo con cambios de oferta de forraje.

Los objetivos específicos son los que siguen:

- I. Describir el efecto de la oferta de forraje y genotipo de la vaca sobre parches vegetales y el comportamiento ingestivo a escala de estación de alimentación (EA) y bocado.
- II. Cuantificar el efecto de la oferta de forraje y genotipo de la vaca sobre la selectividad por nutrientes.
- III. Construir índices de selectividad-electividad de los parches vegetales.

1.2. Hipótesis

Las hipótesis son las siguientes:

- I. El aumento de la OF entre 6 a 10 kgMS/kgPV modifica la estructura, aumentando la proporción de cobertura y altura de los parches altos.
- II. Las vacas en AOF tendrán mayor EA/min y menor tasa de bocado (TB) asociado a los cambios en la estructura. Las vacas CR tendrán más EA/minuto.
- III. Las vacas CR en AOF tendrán mayor selección asociado a una dieta con mayor concentración de nutrientes y un mayor uso del parche bajo.

1.3. Revisión bibliográfica

1.3.1. Modelo conceptual de la selectividad bajo pastoreo

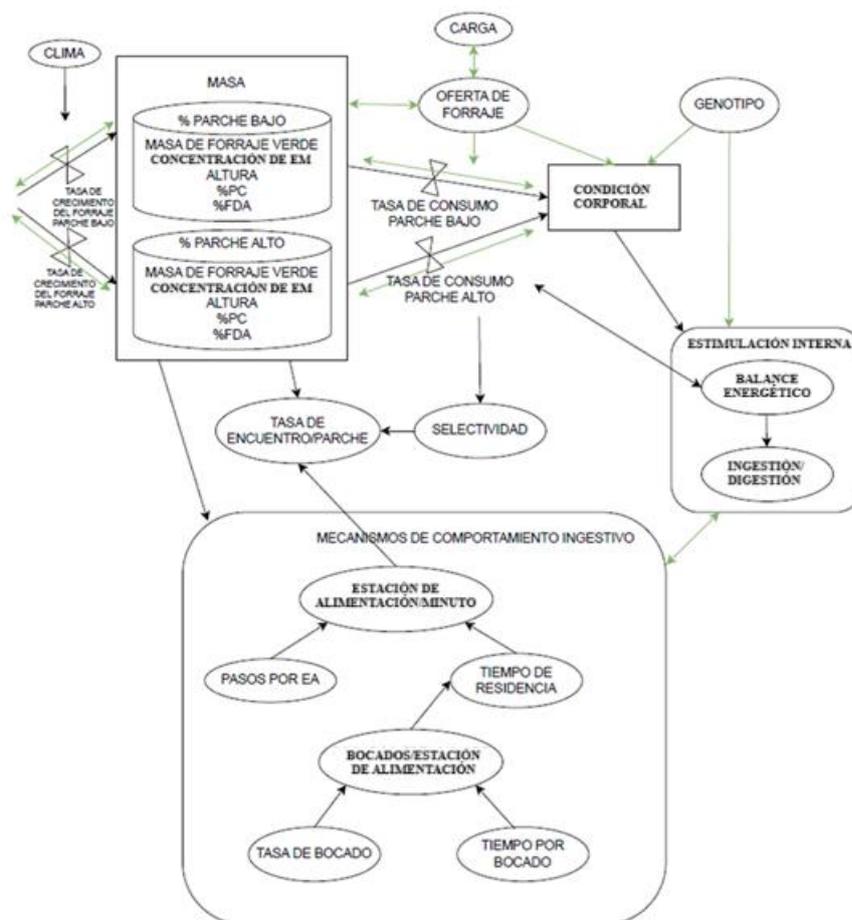
La selectividad es una actividad mediante la cual el animal expresa sus preferencias modificadas por el ambiente donde se encuentra (Hodgson, 1979) e integra los requerimientos animales y sus capacidades metabólicas (Robbins et al., 1987). A través de los mecanismos de comportamiento ingestivo, los animales van tomando decisiones para ejecutar movimientos o acciones que les permitan el consumo

de forraje requerido (Senft et al., 1987), el cual varía a través del año según su estado fisiológico (Do Carmo, 2018; Machado, 2020) o genotipo (Casal, 2016; Do Carmo et al., 2021; Funston et al., 1991; Ricci et al., 2014). Estas decisiones no solo están moldeadas por el estado interno del animal, sino que la estructura del forraje impone límites a su comportamiento ingestivo (Bremm et al., 2012, 2016; Da Trindade, 2016; Mezzalana et al., 2013), lo cual impacta sobre la selectividad a diferentes escalas (Dumont et al., 2007; Utsumi et al., 2009; Wallies DeVries et al., 1994).

En el presente trabajo se propone un modelo conceptual que busca representar las relaciones de factores internos y externos del animal en diferentes escalas espacio-temporales con la selectividad (figura 1). Se consideran las variables de la estructura del forraje de la parcela (masa, altura, composición química, cobertura de parches) y del parche de vegetación (masa, altura, composición química, relación verde/seco), variables afectadas por el ambiente y la oferta de forraje. En otro plano se encuentran las características animales que refieren al estado interno de la vaca y que son afectadas por el genotipo; la movilización de diferentes tipos de tejido y los requerimientos de mantenimiento que fluctúan con el estado fisiológico determinando señales internas que modulan la ingestión y digestión del forraje. Tanto la estructura del forraje como las características del animal reciben una retroalimentación constante que modula el comportamiento ingestivo, no solo durante la sesión de pastoreo (tiempo de rumia, tiempo de pastoreo), sino también en la estación de alimentación y tasa de bocado. Estos tres planos son fundamentales para comprender y explicar la selectividad expresada en cada estación anual, ya que es un resultado multifactorial donde cada factor tiene diferente impacto sobre el resultado global.

Figura 1

Modelo conceptual del efecto del ambiente, OF, genotipo, estructura del forraje, estado interno y comportamiento ingestivo sobre la selectividad en ambientes heterogéneos a diferentes escalas espacio-temporales.



Nota. Rectángulo: variable de estado; círculo: variable auxiliar que afecta el proceso o estado del sistema; línea negra: flujo de energía; línea verde: *feedback* o regulación del flujo positivo o negativo. Basado en Forrester (1971).

La producción de forraje es afectada por la temperatura y el agua disponible en el suelo, que resulta del balance entre precipitaciones y evapotranspiración de las plantas. La producción de forraje presenta generalmente picos durante primavera y otoño, donde la variabilidad de las lluvias dentro y entre años determina la producción y composición química (Soca et al., 2007). La estacionalidad tiene impacto sobre la covariación entre masa y contenido de nitrógeno del forraje. La covariación entre la

cantidad y calidad del forraje a través de las estaciones no es lineal, por lo que el aumento en la masa no acarrea necesariamente un incremento en la calidad del forraje o parches (Ogura et al., 2002; DeVries et al., 1999). Do Carmo (sp.) reporta que esta covariación resulta negativa en invierno y neutra en primavera, pero estas relaciones dependen de la oferta de forraje de invierno porque modula el traslado de forraje desde estaciones anteriores hacia la primavera (Do Carmo et al., 2018). En estaciones donde la calidad del forraje difiere mucho de los requerimientos del animal (por ejemplo, invierno, cuando disminuye el crecimiento de la pastura), los animales sacrifican la calidad (Newman et al., 1995; Machado, 2020), pero, en estaciones en que la calidad es favorable, podrían percibir la concentración de proteína y accesibilidad de forraje verde como un factor para seleccionar en respuesta a diferentes estructuras (Hirata et al., 2012; Carvalho, 2013).

El desempeño animal es explicado en un 10-40 % por la digestibilidad del forraje cosechado (Mertens, 1994). Azambuja (2019) observo que, en situaciones donde la OF es de 12 kgMS/100kgPV, la dieta consumida por los animales tenia mayor digestibilidad en comparación con lo ofrecido (46 vs 41 %). Esto podria deberse a que los animales tienden a seleccionar una dieta con mas hojas y menos tallos o material muerto que lo ofrecido. Esto implica que la dieta consumida tiene un mayor valor nutritivo que lo ofrecido (Hodgson, 1990). En situaciones donde hay poca disponibilidad de forraje la selectividad puede verse limitada (Piaggio, 1994).

La gestión de la intensidad de pastoreo a través de la manipulación de la OF de manera estacional, busca manipular a favor, las variaciones estacionales en cantidad y calidad para modificar la utilización del forraje, modulando la selectividad, para evitar la sobreutilización de los parches bajos y la subutilización de los parches altos (Do Carmo et al., 2016). La manipulación de la intensidad de pastoreo opera a través de la oferta de forraje (OF; kg MS/kg de PV; Allen et al., 2011) regulando el consumo de energía (Briske y Heitshmidt, 1991). La utilización de OF variable de manera estacional deriva en modificaciones espacio-temporales en la estructura del forraje.

En estructuras heterogéneas, coexisten parches de vegetación con altas tasas de defoliación junto a áreas donde el pastoreo ha sido intermedio o nulo (Hirata et al., 2002). Estos parches, a su vez, presentan patrones de crecimiento distintos, lo que

contribuye a la dinámica de la heterogeneidad espacial. Esta heterogeneidad se genera y mantiene mediante la interacción entre los animales, a través del consumo selectivo de forraje y el crecimiento, además de procesos como el pisoteo y el retorno de nutrientes al suelo (Tonn et al., 2018). La estructura del forraje es tanto causa como consecuencia del proceso de pastoreo, ya que sus características reflejan las decisiones que toman los animales sobre dónde y cuándo tomar los bocados (Parsons y Dumont et al., 2007). A su vez, la condición del forraje influye en el comportamiento ingestivo, el cual actúa como un indicador de corto plazo, mientras que la estructura del forraje representa, a largo plazo, el funcionamiento del ecosistema (Carvalho et al., 2009). La heterogeneidad del forraje se expresa en varios componentes: número y tipos de parche, proporciones de cada tipo, espacio o disposición (Li y Reynolds, 1994).

Variaciones en la OF de 4 a 16 kgMS/kgPV promueven una mayor participación de especies y componentes no deseados por el animal. Esto provoca modificaciones en la dinámica de ocupación espacial de los parches altos y bajos (Neves et al., 2009) y en la cantidad de sitios visitados, los cuales disminuyen en relación con el número potencialmente disponible, indicando mayor selectividad (Mezzalana et al., 2013). Los parches se distinguen por presentar diferentes atributos como la proporción de material verde, altura y especies, confiriéndoles diferentes grados de producción de forraje (Parson et al., 2003) y patrones de defoliación (Caram, 2019). En conjunto, el tamaño y la proporción de los diferentes tipos de parches presentes en el potrero van a explicar la cantidad y calidad de forraje que exista. Sin embargo, se pueden encontrar diferencias en el parche, pero, cuando se analizan a mayores escalas espacio-temporales estas pueden no expresarse (Casalás, 2019).

La selección entre los parches es la herramienta que utilizan los rumiantes para definir su tasa de consumo y la calidad de la dieta; la selectividad se ve facilitada por la heterogeneidad a gran escala (Wallies De Vries et al., 1994). El tamaño de los parches y el espacio entre ellos afecta los componentes de la tasa de ingesta, una presencia mayor al 34 % de parches altos disminuye la tasa de consumo ($\text{g DM min}^{-1} \text{kg live weight (LW)}^{-1}$), lo que se asocia a un incremento en la proporción de bocados efectuados en parches altos debido a la reducción de la accesibilidad de los parches bajos (Bremm et al., 2012). Cuando los parches altos son pequeños y no están

agregados, la selectividad se ve afectada, ya que se tornaría más difícil elegir estaciones de alimentación para evitar la alimentación de los parches menos rentables (Wallis De Vries, 1999); por lo tanto, su inclusión en la dieta puede ser promovida por la limitación en el tiempo y espacio para acceder a los parches preferidos (Bremm et al., 2016) o por una disminución en la OF que fuerce a los animales a consumirlos (Kohler et al., 2006). Los parches bajos son preferidos durante toda la estación de pastoreo (Wallis De Vries et al., 1994; 1999; Dumont et al., 2007), ya que los animales prefieren plantas con pocos tallos y muchas hojas fáciles de cortar con altos contenidos de nitrógeno (Caram, 2019).

La cobertura de matas es un buen indicador de la intensidad de pastoreo. Al trabajar con mayores ofertas de forraje que fomentan el aumento de la producción animal y servicios ecosistémicos, es inevitable que haya un crecimiento de las especies menos preferidas (Carvalho et al., 2011). Las curvas de respuesta de tasa de consumo en función de la altura del pasto y la frecuencia de matas, muestran que la tasa de consumo se reduce cuando las alturas son menores a 10 cm acompañado de frecuencias mayores a 35 %, donde la altura afecta de manera más pronunciada al consumo (Carvalho, 2013).

La productividad animal y la eficiencia biológica pueden ser mejoradas no solo utilizando altas ofertas, sino también a través del uso de vacas cruzas (Do Carmo et al., 2018 y 2021), ya que los resultados del sistema dependen de la interacción entre el genotipo y el ambiente (Jenkins y Farrell, 1994). El estado interno del animal influye sobre la motivación a consumir alimento; en el largo plazo se ve modulado por el estado fisiológico (gestación, lactación), que condiciona los requerimientos energéticos. En el corto plazo, por señales inhibitorias (llenado de rumen, alta concentración de nutriente/metabolitos) y estimuladoras (hambre), donde el comportamiento ingestivo responde a estas señales (Gregorini et al., 2011). A la demanda energética asociada al estado fisiológico se le suman los gastos energéticos de mantenimiento derivados de los procesos mecánicos y metabólicos asociados con la ingestión y digestión de los alimentos, los cuales están fuertemente influenciados por la cantidad y tipo de alimento que ingieren los rumiantes.

Osoro et al. (1999), Wallies De Vries (1994) y Webster (1985) reportan que la reducción de la tasa metabólica lleva a una menor selectividad en genotipos con baja tasa de mantenimiento. Wallies De Vries (1994) encontró que novillos con altos requerimientos de mantenimiento dieron mayores bocados en parches cortos con más forraje digestible en comparación con novillos Hereford. Otros autores reportan menores requerimientos de energía de mantenimiento (15 %) de vacas F1 comparado con puras Aberdeen Angus y Hereford (Solis et al., 1988; Ferrell y Jenkins, 1987). Las vacas cruce (F1 Aberdeen Angus x Hereford) presentan menor tasa de mantenimiento, ya que movilizan tejido graso y proteico en proporciones similares a su composición corporal comparado con vacas puras (Casal, 2016). Do Carmo et al. (2021) reportan que las vacas cruce disminuyeron el consumo de forraje durante la gestación (-16 %) sin reducciones en el peso vivo o condición corporal, lo que probablemente se encuentre asociado a una mejor digestibilidad de la dieta, mejor consumo de energía a través de la selectividad dentro de la estación de alimentación (Soca et al., 2007) o un uso más eficiente de la energía. La demanda de energía es un conductor en el consumo de forraje, por lo que variaciones en el estado interno podrán impactar en la selectividad de la dieta buscada. Soca et al. (2007) reportan que las vacas cruce tuvieron mayor número de EA en comparación con puras (5,3 vs. 4,3 EA/min; $p = 0,09$) sin cambios en la tasa de bocado (55 vs. 57 bocados/minuto), indicando un pastoreo más selectivo. Los menores requerimientos de las vacas cruce pueden estar relacionados con una mayor selectividad (Do Carmo et al., 2021).

Cuando los requerimientos aumentan hacia la lactancia, se favorece el consumo de forrajes ricos en energía (Forbes, 2007). Caram (2021) demostró que la condición corporal tiene implicancias sobre la defoliación de diferentes grupos de especies sobre campo natural; durante el invierno (gestación tardía), las vacas mezclaron especies de menor y mayor valor nutritivo, lo cual aumentó la cantidad consumida de especies duras; en primavera (lactación), aumenta la proporción de especies de alto valor nutritivo en la dieta.

El grado de hambre determina la motivación para consumir, lo cual afecta su comportamiento. A medida que aumenta el hambre en vaquillonas (correspondiente a un menor llenado ruminal), incrementa el número de bocados por EA y el área

cosechada dado por un mayor tiempo de residencia, una mayor profundidad de bocado para aumentar la ingesta y reducir el esfuerzo de cosecha (Gregorini et al., 2007). El animal puede priorizar la tasa de ingesta frente a la selección, en respuesta a señales de transmisión del cerebro por las bajas cantidades de digesta en el rumen (Gregorini et al., 2007). En estos casos intercambia la calidad del forraje por la cantidad a medida que se observan valores crecientes de hambre, a través de una reducción de la selectividad a escala de EA y bocado (Hirata et al., 2012; Gregorini et al., 2007).

El comportamiento en pastoreo es el mecanismo a través del cual los animales consumen nutrientes, pero es afectado por características genéticas, fisiológicas y por el ecosistema de pastoreo (masa, altura, distribución compuestos secundarios; Laca y Demment, 1991; Bailey y Provenza, 2008). Es altamente dependiente de la escala de bocado (Fryxell et al., 2001), ya que es donde se define la tasa de ingesta de forraje, lo cual determina el consumo de forraje total responsable de la variación en la producción animal en un 60-90 % (Van Vuuren, 1993). La cantidad de forraje ingerida por día es el producto del tiempo de pastoreo y la tasa de consumo, siendo esta última el producto de la tasa de bocado y el peso del bocado (Hodgson, 1990). Bailey y Provenza (2008) distinguen seis estados comportamentales que varían según su escala espacio-temporal que deriva de los mecanismos que dan lugar a diferentes patrones de distribución. La escala más pequeña es el bocado, siendo una secuencia de prensión acompañado de movimientos de la lengua, mandibulares y cabeza (Laca et al., 1994). La estación de alimentación (EA) es el área de forraje que un animal en pastoreo puede alcanzar sin mover sus extremidades delanteras (Ruyle y Dwyer, 1985).

Cuando un animal se encuentra pastoreando, una jerarquía de respuestas instintivas y acciones comportamentales fueron tomadas, desde el área geográfica del paisaje hasta la zona de consumo donde debió seleccionar un área específica dentro de una comunidad de plantas, y en menor escala sobre la planta consumida en cada estación de alimentación, para llevarlo al punto de cosecha y consumo (Senft et al., 1987). Las decisiones de dónde pastorear pueden limitar el comportamiento que ocurre a baja escala, según la escala de análisis considerada. Los rumiantes a pastoreo hacen uso diferencial de las diferentes áreas o sitios, esta es la principal decisión que toman al comenzar la sesión de pastoreo. Esta decisión resulta afectada por la pendiente,

distancia al agua, sombra o abrigo, temperatura, viento, predación, suplementos y barreras físicas impuestas por el hombre o naturales (Bailey et al., 1996).

En condiciones de pastoreo continuo, el patrón de comportamiento ingestivo está influenciado por el ritmo circadiano, el cual tiene una fuerte influencia sobre la tasa de consumo y suministro del alimento para la digestión, metabolismo y crecimiento de los animales (Gregorini et al., 2007). La composición química del forraje a través del día difiere afectando las características biomecánicas que influyen sobre la cosecha. Hacia la tarde existe un aumento en la materia seca y dilución del contenido de PC y fibra. Al amanecer las vacas poseen una sensación de vacío ruminal (estímulo interno), sumado la señal del fotoperíodo (estímulo externo), que las incentiva a expresar altas tasas de consumo a pesar de que las condiciones del forraje no sean favorables (mayor contenido de humedad, menor contenido de fibra y proteína cruda; Gregorini, 2012). Hacia la tarde aumentan su tasa de bocado, con menor masticación por bocado durante la ingestión del forraje haciendo máxima su cosecha (Laca et al., 1994). Menegazzi (2021), trabajando sobre pasturas sembradas, reporta menores EA hacia la mañana, pero con un mayor tiempo dedicado a cada una ($4,4 \pm 0,09$ EA/minuto; $14 \pm 0,31$ segundos/EA); hacia la tarde tomaron mayor número de EA y disminuyeron el tiempo de residencia ($4,7 \pm 0,09$ EA/minuto; $13 \pm 0,30$ segundos/EA). Machado (2020), en campo natural, registró un aumento del 25 % en las EA en la tarde respecto a la mañana (5,3 vs. 4,25 EA/min, respectivamente; $p = 0,02$) en verano, cuando las vacas se encontraban en lactancia. Caram (2021) demostró que los animales hacia la mañana aumentan el pastoreo de búsqueda relacionado con el alto valor nutritivo de la pastura con una preferencia por la calidad. Hacia la tarde disminuye la selectividad con el objetivo de buscar una dieta más fibrosa. Scarlato (2011) reporta diferencias en el uso de los sitios entre la sesión de pastoreo matutina y vespertina, las vacas de cría mantuvieron a lo largo del experimento un patrón estable asociado a características de la posición de los recursos (agua, sombra y topografía). Hacia la mañana se ubicaron en zonas cercanas al agua; hacia la tarde tendieron a moverse hacia sitios con mayor cantidad de forraje, lo que se asocia a maximizar el consumo antes del atardecer (Caram, 2021; Hirata, 2010; Scarlato, 2011; Stuth, 1991). Este comportamiento posee

una fuerte base evolutiva: procurar un máximo consumo de fibra previo al anochecer para evadir el pastoreo nocturno y reducir el riesgo de predación (Rutter, 2010).

A menor escala espacio-temporal, dentro de cada estación de alimentación, el animal debe decidir entre qué especies consumir y qué partes de la planta prefiere (Stuth, 1991). Entre estaciones, la decisión de dejar una EA y trasladarse hacia una nueva será a costas de realizar pasos (costo energético), lo hace cuando la tasa de consumo de la EA actual cae por debajo de un umbral de tasa de bocado (Gregorini et al., 2011). El patrón observado varía en diferentes escalas de tiempo como la hora del día, el estado interno (Gregorini, 2007), cantidad y calidad de forraje y estación del año (Hirata et al., 2014). Dentro de la EA, el comportamiento puede ser evaluado como el tiempo de residencia dentro de cada estación (bocados como beneficio); el movimiento entre estas (pasos como costos), cantidad EA por unidad de tiempo (Hirata et al., 2014), tasas de bocado y duración del bocado dentro de cada una (Briske y Heitshmith, 1991). Las características del forraje como asignación, altura y digestibilidad impactan sobre el comportamiento ingestivo (EA, bocado) luego de haberse posicionado el animal en el sitio de preferencia. Mayores alturas y digestibilidad se encuentran correlacionadas positivamente con el número de bocados/EA, disminuyendo la cantidad de EA/min ($r = -0,838$, $P < 0,001$; Hirata et al., 2010). En respuesta a diferentes estructuras, alteran su dinámica de consumo, patrones de movimiento y uso de las EA (Carvalho, 2013).

La ingestión dentro de la EA es un indicador de las condiciones de alimentación; la cantidad de forraje se encuentra relacionada positivamente con el tiempo de permanencia en cada EA (Carvalho et al., 1999). Aumentos de 4 a 16 cm de altura en *campos* derivan en menores EA/min (13,7 a 8,7 EA/min, $P < 0,0001$), mayor cantidad de bocados/EA (4,8 a 7,2 boc/EA; $p = 0,0182$) y mayores segundos/EA (4,3 a 6,9 seg/EA; $p = 0,006$; Gonçalvez, 2007; Mezzalira et al., 2013). Bajo condiciones limitantes de ingesta, tienden a visitar mayor número de EA donde cosechan menos bocados y permanecen menos tiempo en cada EA.

En lo que respecta a investigación nacional, Machado (2020) estudió el efecto de la OF sobre el comportamiento de vacas de cría sobre *campos* en la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt. El incremento de la OF de 4 a 8 kgMS/kgPV asociado a 4 cm y 12 cm impactó en el número de EA a través de una reducción de estas durante la lactancia (verano; 4,1 y 3,41 EA/min, respectivamente; $p = 0,004$) y gestación temprana (otoño; 5,4 y 4 EA/min; $p = 0,004$), con cambios en la tasa de bocado durante la gestación temprana y tardía (invierno). Ambos tratamientos mostraron un tiempo de pastoreo similar, lo que sugiere que, en condiciones de baja oferta, las vacas optimizaron su tiempo al cambiar más rápidamente de estación de alimentación (EA). En contraste, en el tratamiento con alta oferta, las vacas habrían tenido la posibilidad de incrementar su selectividad, realizando una mayor selección de bocados dentro de cada EA y permaneciendo por más tiempo en cada una. En gestación temprana se redujo el número de estaciones de alimentación y aumentó la tasa de bocado, probablemente por un incremento en la masa de bocado fomentado por mayor número de sitios con mayores alturas. La falta de diferencias en la tasa de bocado durante la lactancia podría explicarse porque la estructura de la pastura no representó una limitante, lo que permitió a las vacas en condiciones de baja oferta seleccionar estaciones de alimentación (EA) que les posibilitaron mantener tasas de bocado similares a las observadas en alta oferta. Las estrategias frente a diferentes escenarios pastoriles se modifican, en bajas ofertas (4 kgMS/kg PV), la menor masa y altura reduciría la masa potencial de cada bocado, lo que conlleva una mayor búsqueda de estaciones, reduciendo la selectividad.

Estudios del efecto de la estructura sobre el comportamiento animal llevados a cabo por un grupo brasilero en *campos* reportan que, a bajas OF (4 kgMS/100kgPV), el número de EA efectivamente pastoreadas es semejante a las encontradas por el animal, pero, con el aumento de la OF hacia 14 kgMS/100kgPV, asociado a una presencia de 30 % de parches altos, la proporción de las estaciones efectivamente pastoreadas disminuye, indicando una mayor selectividad en la elección de la EA a utilizar (Mezzalira et al., 2013). El aumento de la heterogeneidad estructural de la pastura puede limitar la tasa de consumo de materia seca. Cuando la cobertura de matas de *E. plana* supera el 34 %, se observa una disminución en la tasa de consumo (g MS

$\text{min}^{-1} \text{ kg peso vivo}^{0.75}$), lo cual se relaciona con un mayor número de bocados realizados en parches altos. Esto se debe a la menor accesibilidad de los parches bajos, lo que sugiere un incremento en los costos de pastoreo asociados al tiempo que los animales dedican a evitar las matas mientras buscan estaciones de alimentación más favorables (Bremm et al., 2012). Por lo tanto, la selectividad es un mecanismo de suma importancia en la creación del parcheado vegetal, ya que tiene la capacidad de aumentar la heterogeneidad en *campos* a través de cambios en el comportamiento a bajas escalas espacio-temporales.

1.3.2. Índices de selectividad

La utilización de índices de selectividad permite estimar la utilización de un ítem en relación con disponibilidad en el medioambiente. Cuando el ítem representa mayor proporción en la dieta consumida que el disponible, se considera preferido; cuando es menor, es evadido y, cuando se encuentra en la misma proporción, se considera que es consumido al azar (Lechowicz, 1982). La utilización de índices como el de Ivlev-Jacobs (1974) permite cuantificar la selectividad a través de la disponibilidad del ítem en el medio; por lo tanto, se necesita una descripción cuantitativa de las proporciones ofrecidas y consumidas. A través de este análisis se estaría estudiando directamente la relación planta-animal.

En el cuadro 1 se presentan resultados principales de los antecedentes más relevantes en el área de selectividad de animales a pastoreo sobre pasturas (naturales o artificiales), los cuales trabajaron con diferentes tipos de índices en diversas escalas espacio-temporales.

Cuadro 1

Variables experimentales			Variables de respuesta																																																			
Autor	Características ambientales	Escalas espacio-temporal	Tratamiento	Estimación de selectividad	Estructura del forraje: kg MS/ha-cm de parches	Selectividad																																																
Bremm (2016)	<i>Campox</i> , Rio Grande Do Sul, Brasil	286,7 ± 1,2 kg, vaquillon as	Niveles de cobertura de EA y bocados	Selectividad (vlev, 1966) $E_i = \pi_i / p_i$	PA: 2000; 40,4 ± 1,1 PB; 2900; 10,3 ± 0,3	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Selectividad parciales del parche bajo</th> </tr> <tr> <th>% de PA</th> <th>EA a bocado</th> <th>Parche</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>25</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1,5</td> <td>1,3</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0,9</td> <td>1,1</td> </tr> </tbody> </table>	Selectividad parciales del parche bajo			% de PA	EA a bocado	Parche	0	25	50	0	1,5	1,3	0	0,9	1,1																																	
Selectividad parciales del parche bajo																																																						
% de PA	EA a bocado	Parche																																																				
0	25	50																																																				
0	1,5	1,3																																																				
0	0,9	1,1																																																				
Ulsuni et al. (2009)	Festuca y alfalfa parches artificiales, Argentina	Ho, 620 ± 82 kg, vacas, piernadas	Parches (pequeño, mediano, grande) con 3 distancias (1, 4 y 8 metros)	Selectividad (vlev, 1966) $E_i = \pi_i / p_i$	Alfalfa: 29,9 ± 0,2 cm; Festuca: 19,8 ± 0,2 cm	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Selectividad parcial para alfalfa</th> </tr> <tr> <th>Nivel de parche</th> <th>EA/parche</th> <th>Bocado/EA</th> <th>CMS/bocado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,01</td> <td>1,04</td> <td>0,99</td> <td>1,29</td> </tr> </tbody> </table>	Selectividad parcial para alfalfa			Nivel de parche	EA/parche	Bocado/EA	CMS/bocado	1,01	1,04	0,99	1,29																																					
Selectividad parcial para alfalfa																																																						
Nivel de parche	EA/parche	Bocado/EA	CMS/bocado																																																			
1,01	1,04	0,99	1,29																																																			
Wallis DeVries (1999)	Setina lutescens, con negro	HC, 304-710 kg	Mosaicos de parches bajos/alta calidad y altos/baja calidad, cuadrículas: fina y gruesa	Se crearon mosaicos de PA y PB en proporciones iguales en 2 tamaños de cuadrícula: fino (2x2 m, 200 celdas por potrero), grueso (5x5 m, 32 celdas por potrero). Se asignaron los parches a las celdas.	PA: 6420; 42,8 ± 0,2 PB; 3220; 15,9 ± 0,1	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Mosaico de parche</th> </tr> <tr> <th>Pases/parche</th> <th>Grueso</th> <th>Fino</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EA/pase</td> <td>3,39</td> <td>2,03</td> </tr> <tr> <td></td> <td>5,6</td> <td>2,63</td> </tr> </tbody> </table>	Mosaico de parche			Pases/parche	Grueso	Fino	EA/pase	3,39	2,03		5,6	2,63																																				
Mosaico de parche																																																						
Pases/parche	Grueso	Fino																																																				
EA/pase	3,39	2,03																																																				
	5,6	2,63																																																				
Dumont et al. (2007)	Pastura natural, región montañosas, Francia	CH, vaquillon a	Pastoreo continuo, 3 Bocados	Índice de selectividad (Jacobs, 1974) $S_i = (e_i - a_i) / (e_i + a_i) \cdot 2^* e_i^* a_i$	Masa en kg MS/ha; altura (cm)	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Carga animal</th> </tr> <tr> <th>Alta</th> <th>Medio</th> <th>Baja</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2200; 15cm</td> <td>1700; 11 cm</td> <td>1400; 5 cm</td> </tr> <tr> <td>2250; 13 cm</td> <td>2600; 15 cm</td> <td>2000; 6 cm</td> </tr> <tr> <td>3000; 16 cm</td> <td>3500; 18 cm</td> <td>3000; 13 cm</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Carga</th> </tr> <tr> <th>Alta</th> <th>Medio</th> <th>Baja</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>G</td> <td>-0,49</td> <td>-0,72</td> </tr> <tr> <td>TPG</td> <td>0,12</td> <td>0,08</td> </tr> <tr> <td>TMG</td> <td>0,17</td> <td>0,21</td> </tr> <tr> <td>STG</td> <td>0,17</td> <td>0,12</td> </tr> <tr> <td>SMG</td> <td>0,43</td> <td>0,47</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>0,51</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>0,19</td> <td>0,21</td> </tr> <tr> <td>DF</td> <td>-0,82</td> <td>-0,84</td> </tr> <tr> <td></td> <td>-0,89</td> <td>-0,82</td> </tr> </tbody> </table>	Carga animal			Alta	Medio	Baja	2200; 15cm	1700; 11 cm	1400; 5 cm	2250; 13 cm	2600; 15 cm	2000; 6 cm	3000; 16 cm	3500; 18 cm	3000; 13 cm	Carga			Alta	Medio	Baja	G	-0,49	-0,72	TPG	0,12	0,08	TMG	0,17	0,21	STG	0,17	0,12	SMG	0,43	0,47	L	0,51	0,3	F	0,19	0,21	DF	-0,82	-0,84		-0,89	-0,82
Carga animal																																																						
Alta	Medio	Baja																																																				
2200; 15cm	1700; 11 cm	1400; 5 cm																																																				
2250; 13 cm	2600; 15 cm	2000; 6 cm																																																				
3000; 16 cm	3500; 18 cm	3000; 13 cm																																																				
Carga																																																						
Alta	Medio	Baja																																																				
G	-0,49	-0,72																																																				
TPG	0,12	0,08																																																				
TMG	0,17	0,21																																																				
STG	0,17	0,12																																																				
SMG	0,43	0,47																																																				
L	0,51	0,3																																																				
F	0,19	0,21																																																				
DF	-0,82	-0,84																																																				
	-0,89	-0,82																																																				

Caram (2019)	Campos, Uruguay	H. A, AXH, 446 kg ± 63 kg, vacas de cria	Cuadrado 0,25 x 0,25 metro	OF variable estacional, pastoreo continuo, alha: 8 y baja: 5	Índice de selectividad (Cingolani et al., 2005) $SI = n^{\circ} EP - n^{\circ}$ ENP/ $n^{\circ} EP + n^{\circ} EXP$	kgMS/ha					
						A	B	C	D		
Otoño	AF	3681	55,4	18,1	3,2	5,4	AF	-0,08	-0,24	-0,43	-1
	BF	2379	28,1	28,6	18,3	5,8	BF	-0,09	-0,02	-0,14	-1
Invierno	AF	1564	19,9	8,9	25,8	8,1	AF	-0,55	-0,51	-0,58	-1
	BF	125	3,3	31,2	19,3	4	BF	-0,71	-0,79	-0,75	-1
Primavera	AF	1164	3	46,6	9,4	7,8	AF	-0,93	-0,56	-0,57	-1
	BF	1045	6,7	41,9	5,8	9,1	BF	-0,46	-0,29	-0,65	-1

Azambuja (2019)	Campos, Rio Grande Do Sul, Brasil	250 kg, vaquillon as	Bocado	OF variable estacional, 4, 8, 12, 16 y 8-12 primavera kgMS/100kgP V	Índice de selectividad Ively (1961) $E_i = (r_i - p_i)/(r_i + p_i)$	Bocados							
						1	2	3	4	5			
Otoño	AF	3,4	54	16	24	0,1	2	OF	-0,005	-0,06	0,13	-0,1	-1
	BF	5,2	31	16	24	0,7	20	BF	0,18	-0,13	0,09	-0,06	-1
8 y 12	AF	5,8	24	14	20	16	24	8 y 12	0,24	0,004	0,17	-0,19	-1
	BF	6,7	22	13	18	19	26	BF	0,27	-0,1	0,16	-0,09	-1
Primavera	AF	7,5	16	10	12	26	36	16	0,28	-0,02	0,32	-0,07	-0

Nota. H = Hereford; A = Aberdeen Angus; AxH = Angus x Hereford; AxB = Angus x Brahman; Ho = Holstein; HC = Hereford cruza; CH = Charolais; EA = estación de alimentación; OF = oferta de forraje kgMS/kgPV; LU = 600 kg *live weight*; ri: proporción del ítem ofrecido; pi: proporción del ítem en la dieta; ci: proporción del componente *i* de la dieta; ai: proporción del componente *i* en la parcela; n.º EP: número de especies pastoreadas; n.º ENP: número de especies no pastoreadas; PA: parche alto; PB: parche bajo; G: parche reproductivo; TPG: parche alto gramínea; TMG: parche alto mixto; SPG: parche bajo gramínea; SMG: parche bajo mixto; L: leguminosa; F: maleza enana; DG: forraje muerto; DF: maleza enana muerta; A, B, C y D: grupos de diferentes especies diferenciadas por atributos foliares según Caram (2019); 1, 2 y 3: bocados pequeños asociados a plantas de porte bajo; 4 y 5: peso de bocado moderado a alto, especies cespitosas.

La selectividad depende de cómo se presenten los ítems en la pastura (tipos de parches, tipos de bocados) y su relación entre la calidad y cantidad de cada uno. La OF es una variable que modifica la intensidad de pastoreo y la relación planta-animal, donde se crean diferentes escenarios en cuanto a la disposición del forraje en planos verticales y horizontales. La covariación entre la cantidad y calidad del forraje a través de las estaciones no es lineal, por lo que el aumento en la masa no acarrea necesariamente un aumento en la calidad del forraje o parches (DeVries et al., 1999; Ogura et al., 2012). Do Carmo (sp.) reporta sobre *campos* que esta covariación podría ser negativa en invierno y neutra en primavera. En estos escenarios es donde el rumiante debe trabajar para poder cosechar de manera eficiente los nutrientes necesarios para cubrir sus requerimientos, por lo que la selectividad es el proceso que ayuda a resolver este problema y el cálculo de índices son una manera de poder comprender lo que hace el animal y la oferta de los alimentos de manera conjunta.

Diversos trabajos muestran que aumentos en la OF están asociados a mayores porcentajes de parches altos (4, 8, 12 y 16 kgMS/100 kgPV; 0,8, 19, 26,4, 36,3 % de parches altos, respectivamente), que luego pasan a ser no preferidos (y en parte por eso incrementan la altura) en la medida que aumenta la selectividad de la dieta

(Carvalho, 2013; Da Trindade et al., 2016; Mezzalana et al., 2013). Bremm et al. (2012) reportan que, en vaquillonas cruza la gran cantidad de parches altos restringió su tasa de ingesta y, por consiguiente, el comportamiento ingestivo. Ante un aumento en la frecuencia de parches altos, los animales se ven forzados a elegir entre la calidad y la cantidad del forraje disponible. Esta situación lleva a un incremento en la proporción de bocados en parches altos, en detrimento de la selección de especies preferidas y de mayor calidad, debido a la reducida accesibilidad a estas últimas (Bremm et al., 2012; 2016). Bremm et al. (2016), aplicando índices de selectividad parcial a nivel de estación de alimentación y de bocado por estrato, observó una interacción significativa entre la escala de selectividad y el porcentaje de matas ($P = 0,0093$). La selectividad parcial desde la EA hasta el bocado aumentó de forma no lineal con el incremento en la proporción de matas, excepto en el rango del 25 al 50 %. Además, la proporción de parches altos consumidos en la dieta fue consistentemente menor que su disponibilidad en la pastura, lo que indica una evasión tanto a nivel de EA como de bocado. En estos casos, las vacas, para aumentar la tasa de bocado a través de la utilización de las matas, reducen la selección del parche bajo en la EA y bocado (Bremm et al., 2016). Resultados similares fueron reportados por Utsumi et al. (2009), quienes encontraron que la selectividad no se ve influenciada por el arreglo espacial de los parches (tamaño y distancia), sino que depende de la escala de observación, en concordancia con lo señalado por Bremm et al. (2016).

Utsumi et al. (2009) observaron que ambientes con parches más pequeños y mayor distancia pueden motivar a disminuir la selectividad de los forrajes preferidos para poder alcanzar un máximo consumo de forraje, indicando que restricciones en el consumo pueden reducir la selectividad cambiando la prioridad de la calidad por la cantidad al momento de la búsqueda de alimento por parte de vacas en lactancia. Caram (2019) reporta resultados similares hacia el invierno con vacas de cría en gestación avanzada: cuando la OF (4 kgMS/kgPV) y la tasa de crecimiento se reducen, las masas y alturas de los parches ofrecidos no son tan contrastantes entre sí (Casalás, 2019). Sobre este escenario, la selectividad no fue significativamente diferente para ningún grupo funcional (grupo de especies que poseen similares características de atributos foliares), donde se destaca el uso del grupo funcional D (especies de menor

calidad) por su alta masa de forraje, pero baja calidad del forraje (alta FDA y bajo N). Los parches altos en estas situaciones comienzan a ser una ventaja en términos de cantidad (Ogura et al., 2002) y la probabilidad de ser consumidos se encuentra relacionado con la cantidad de forraje de las especies presentes (Caram, 2019). Azambuja (2019), utilizando vaquillonas reporta que, a menores OF (4 kgMS/100 kgPV), el consumo del estrato alto disminuye por su baja presencia dentro de la parcela; esta falta de opciones para seleccionar homogeniza la dieta consumida. Con base en lo mencionado, se esperaría que, en situaciones donde aumente la carga animal o disminuya la tasa de crecimiento, las vacas reduzcan su selectividad por falta de opciones en la parcela o por escasez de lugares donde cosechar forraje de manera eficiente para llegar a un consumo de forraje deseado. Los mecanismos que podrían causar la disminución en el consumo de materia seca probablemente impliquen la escala de bocado y estación de alimentación por un aumento en la manipulación del bocado por la selección de forraje de menor calidad o cambios en el número de EA visitadas (Gonçalves et al., 2009; Mezzalira et al., 2013).

Caram (2019) reportaron que, durante el otoño, estación de mayor OF (8 kgMS/kgPV), los grupos funcionales (grupos de diferentes atributos foliares) asociados a parches bajos (A y B) fueron los más seleccionados frente a los grupos funcionales de parches altos (C y D); los animales expresaron selectividad, siendo esta dirigida hacia los parches bajos que presentaron mayor intensidad de defoliación. Azambuja (2019) reportan que en otoño en las altas OF (16 kgMS/100 kgPV) existe una menor proporción de bocados de alta calidad nutricional y baja altura. Este comportamiento podría estar asociado a los cambios en la proporción ofrecida de tipos de bocados por variaciones en las etapas fenológicas de las plantas y la estructura del forraje. Hacia el otoño, la digestibilidad de la dieta cosechada por las vaquillonas disminuyó aún más bajo condiciones de alta oferta forrajera. No obstante, al analizar el comportamiento de vacas de cría de mayor edad, según lo reportado por Caram (2019), se observa que concentraron su consumo en parches bajos, caracterizados por una mayor área foliar específica y menor resistencia al corte. Esto evidencia un contraste en la selectividad entre animales con diferentes requerimientos nutricionales.

Las vaquillonas, bajaron su calidad de dieta cosechada frente a altas ofertas en otoño (Azambuja, 2019), pero las vacas de cría atravesando una gestación temprana expresaron su selectividad por los parches bajos: podrían estar cosechando una dieta de mayor calidad para cubrir el aumento de sus requerimientos (Caram, 2019). Considerar la etapa fisiológica del animal es una clave importante para poder interpretar los índices de selectividad, ya que el estado interno forma gran parte de las decisiones del rumiante y de su interacción con el ambiente.

Goncalves et al. (2009) mencionan que la altura del estrato inferior ideal para maximizar la tasa de ingestión de forraje para bovinos a pastoreo se encuentra en 12 cm y 2500 kgMS/ha, pero lograr estos resultados a través del incremento de la OF trae acarreado un aumento en el porcentaje de matas/parches altos. Da Trindade et al. (2016) y Bremm et al. (2012) toman en cuenta el porcentaje de cobertura de matas/parches altos y mencionan que el consumo de forraje es maximizado con 1800-2300 kgMS/ha, alturas de 11,5-13,4 cm y una frecuencia no mayor de 30 %. En estos escenarios los bovinos ejercen un equilibrio entre la cantidad y calidad del material cosechado y es relativo a las oportunidades que el potrero o el ambiente ofrezcan. En situaciones donde es favorable la masa y altura para la cosecha de forraje, Azambuja (2019) sugiere que la diferencia en la ganancia de peso se da más por la cantidad que resulta en una mayor ingesta de nutrientes que por la calidad.

Dichos antecedentes justifican el estudio de la selectividad de las vacas de cría para poder comprender con mayor detalle cómo solucionan la covariación entre la cantidad y calidad del forraje a través de las estaciones por medio del estudio de los índices de selectividad de los parches altos y bajos que se disponen de diferente manera en las OF.

1.4. Esquema general de la tesis

El documento se constituye de seis capítulos; capítulo 1: introducción, objetivos e hipótesis, revisión bibliográfica con presentación del modelo conceptual; capítulo 2: materiales y métodos; capítulo 3: resultados y discusión, capítulo 4: discusión general y conclusiones; capítulo 5: corresponde al artículo titulado «Herbage allowance and

genotype influence cow selectivity, affecting forage utilization and grazing behavior seasonally» siguiendo el formato para la publicación en *Agrociencia*; capítulo 6: bibliografía.

2.2. Atributos del forraje

2.2.1. A escala del potrero

Se midió mensualmente la masa y altura del forraje a través del método de rendimientos comparativos (Haydock y Shaw, 1975). Fueron seleccionados cinco cuadrantes por parcela (50 x 50 cm, 0,25 m²) para determinar la escala de masa de forraje (de 1 a 5), donde el 1 representó la menor y 5 la mayor masa de forraje. En cada cuadrante de la escala se midió en 5 puntos aleatorios la altura del forraje (cm) y se estimó visualmente la relación verde/seco y la proporción de suelo desnudo. Se realizaron al menos 150 medidas visuales de escalas en cada evento de muestreo (Do Carmo et al., 2021). Cada cuadrante fue cortado a ras del suelo y secado en estufa de aire forzado a 60 °C hasta peso constante para determinar el peso seco. Las muestras fueron analizadas para fibra detergente ácido (FDA, Fiber Analyzer 200, Ankom Technology Corporation, Fairport, NY; Van Soest et al., 1991) y proteína cruda (PC, Kjeldahl N porcentaje \times 6,25, AOAC, 1990) en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía sede Estación Experimental Mario A. Cassinoni.

2.2.2. A escala de 50 x 50 m (transecta)

En cada parcela se dispusieron transectas fijas de 50 metros donde se cuantificó la estructura del forraje, según características del suelo y la topografía se obtuvieron tres áreas: bajo, ladera y alto. Las parcelas de AOF tuvieron cuatro, mientras que las de BOF tuvieron tres transectas.

En cada transecta se construyó un cuadrante de 50 x 50 m, el cual fue subdividido en cinco filas y cinco columnas cada 10 m, formando así una grilla de 25 cuadrantes (10 x 10 metros), en cada cuadrante se ubicó un cuadrado de 1 x 1 m en el margen superior izquierdo para realizar las medidas de estructura de forraje (25 medidas). Se estimó visualmente el porcentaje de: cobertura de los parches altos y bajos, suelo desnudo y heces. La definición de parche alto y bajo se realizó con base en la diferencia de altura entre el estrato bajo (menor a 4 cm) y alto (mayor o igual a 4 cm) conformados solo por especies que podrían ser potencialmente consumidas. La masa de forraje de cada parche fue estimada usando la ecuación de regresión obtenida de los datos de

altura (cm) y la escala de cuadrantes (1-5). Se describió la frecuencia de estratos de cada parche en tres categorías < 2,4; 2,4 a 3,1 y > 3,1 cm para estudiar la estructura de la distribución de las alturas.

2.3. Animales

Se utilizaron 16 vacas multíparas (cuatro Aberdeen Angus, cuatro Hereford y ocho cruza Hereford x Aberdeen Angus) en pastoreo continuo con carga animal variable para ajustar la oferta de forraje (método *put and take*; Mott y Lucas 1952). La temporada de servicio fue en diciembre y la temporada de partos entre octubre y noviembre. Durante los periodos de registro de comportamiento las vacas estuvieron en su primer mes de gestación en verano ($30,6 \pm 10$ y $44,2 \pm 6$ días), en otoño en su quinto mes de gestación (148 ± 10 y 154 ± 12 días), en invierno en su séptimo mes de gestación (216 ± 10 y 224 ± 10 días) AOF y BOF respectivamente. Las vacas utilizadas para el “put and take” eran de raza, tamaño, PV y CC similares a las vacas experimentales. El PV de las vacas durante los periodos de medición fue en promedio 456 ± 15 y 459 ± 18 kg en verano, 554 ± 18 y 517 ± 7 kg en otoño, 594 ± 17 y 543 ± 9 kg y en invierno, $516 \pm 23,0$ en AOF y BOF respectivamente. La CC de las vacas (en una escala del 1 a 8, Vizcarra et al., 1986) fue en promedio $4,4 \pm 0,2$ y $4,5 \pm 0,3$ en verano, $5,4 \pm 0,3$ y $5,4 \pm 0,3$ en otoño, $5,6 \pm 0,2$ y $5,6 \pm 0,2$ y en invierno $4,8 \pm 0,2$ AOF y BOF respectivamente.

2.4. Comportamiento animal

En cada estación del año y durante dos días consecutivos, en la mañana y la tarde (primeras y últimas horas de luz), cuatro vacas de cada parcela fueron filmadas al menos durante 45 minutos durante cada sesión de pastoreo (tabla 2). En el verano y el otoño se utilizaron las mismas vacas, mientras que en invierno se sustituyeron una por razones de enfermedad.

Se utilizaron equipos audiovisuales (Sony DSC H300) por personas entrenadas para filmar cuando las vacas estaban efectivamente pastoreando, con especial foco en las patas delanteras y su cabeza (una persona entrenada por tratamiento). La

información de cada equipo audiovisual fue descargada y analizada por observadores entrenados, lo cual permitió cuantificar la tasa de bocado (TB; bocados/minuto), estaciones de alimentación (EA; n.º/minuto), bocados/estación de alimentación (BOC/EA y bocados en parche alto y bajo (n.º/minuto).

Tabla 2

Número de vacas observadas en cada tratamiento y minutos filmados por tratamiento (entre paréntesis).

Período	Tratamientos			
	BOF-PU	BOF-CR	AOF-PU	AOF-CR
Verano	3(97)	4(168)	3(67)	3(239)
Otoño	3(225)	4(138)	3(380)	3(216)
Invierno	4(281)	3(198)	3(280)	3(343)
Primavera	3(195)	4(308)	4(276)	3(231)

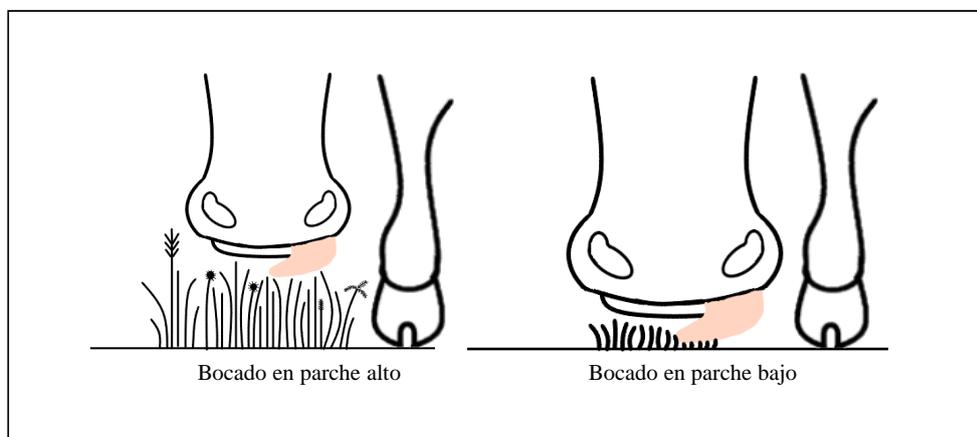
Nota. BOF-PU: baja oferta pura; BOF-CR: baja oferta cruzada; AOF-PU: alta oferta pura; AOF-CR: alta oferta cruzada.

2.4.1. Definición de parche alto y bajo para el comportamiento

Cuando se analizaron los registros de filmación de la conducta, la altura de la cabeza del animal donde estaba pastoreando permitió definir el pastoreo en parches alto y bajos. Si el animal tomaba un bocado con el hocico cercano al suelo, se consideró parche bajo, pero, si levantaba el hocico, era parche alto (figura 2).

Figura 3

Tipos de bocados para definir los diferentes parches.



2.4.2. Composición química de los parches y simulación de la dieta

Se colectaron muestras de forraje para simular los bocados realizados por las vacas y describir la calidad de la dieta utilizando la técnica de *handclipping* (Coates y Penning, 2000) en los PA y PB en las tres áreas definidas previamente (alto, ladera y bajo). Con los bocados en cada parche y en tiempo en cada zona se realizó una dieta compuesta, en primer lugar, se tomó en cuenta la proporción de bocados por parche en la zona, y en segundo lugar el tiempo que estuvieron en cada zona.

Las muestras de forraje fueron secadas en estufa a 60 °C hasta peso constante, molidas usando una malla de 1 mm y analizadas para fibra detergente ácido (FDA, Fiber Analyzer 200, Ankom Technology Corporation, Fairport, NY; Van Soest et al., 1991) y proteína cruda (PC, Kjeldahl N porcentaje \times 6,25, AOAC, 1990) en el laboratorio de nutrición animal de la Facultad de Agronomía sede Estación Experimental Mario A. Cassinoni.

2.5. Elección de parches

El índice de elección de parche se definió como la proporción de bocados efectuados en cada tipo de parche de vegetación en relación con su proporción ofrecida en la parcela (Dumont et al., 2007) y se estimó a través del índice de Ivlev modificado por Jacob (1974):

$$Si = (ci - ai) / (ci + ai - 2*ci*ai)$$

donde ci es la proporción (entre 0-1) de bocados en el parche bajo o alto de la dieta (proporción de bocados en cada tipo de parche) y ai es la proporción de parche bajo o alto entre 0-1 en la parcela (cobertura de cada tipo de parche).

2.6. Selectividad de dieta a partir del *handclipping*

La selectividad para la fibra detergente acida (SiFDA) y para la proteína cruda (SiPC) fue calculada como la diferencia entre lo ofrecido y lo seleccionado expresado en porcentaje. Para el cálculo de FDA y PC ofrecida a nivel de parcela, se tomaron en cuenta la frecuencia de aparición de las escalas 1-5 utilizadas para la estimación de forraje y se conformó la dieta.

2.7. Análisis estadístico

La primera instancia consto de analizar la estructura de forraje según OF (AOF vs BOF) a través de modelos mixtos, el modelo incluyo el efecto de la OF, la parcela como sujeto, y fue separado por estación. El procedimiento Kenward-Rogers fue utilizado para ajustar los grados de libertad. El alfa utilizada fue de 0.05.

En segunda instancia, para poder analizar la estructura de forraje de cada tratamiento fue utilizado el método de pruebas de t (*t student*) comparando dentro del tratamiento oferta de forraje los genotipos (cruza vs. pura).

Para masa (kgMS/ha) y altura (cm) se utilizaron todas las medidas de cada evento de muestro (al menos 150 por tratamiento; Do Carmo et al., 2021); para porcentaje de parche alto ofrecido (PA) y bajo (PB) y su respectiva altura (cm), se utilizaron las medidas de los cuadrantes de 1 x 1 m; el alfa utilizada fue de 0,10.

Para el comportamiento ingestivo, índices de electividad por parche alto y bajo e índices de selectividad por FDA y PC. Se utilizaron modelos lineales generalizados, incluyendo como efectos fijos la oferta, genotipo y su interacción, como efecto aleatorio al bloque, la cobertura del parche alto y bajo fue utilizado como covariable en el modelo, pero, como no hubo efecto sobre las variables analizadas, se retiraron. El procedimiento Kenward-Rogers fue usado para ajustar los grados de libertad. El

alfa utilizada para indicar si la diferencia fue significativa o no fue de 0,10. Tests de Tukey-Kramer fueron utilizados para la separación de medias.

Se realizó un análisis de componentes principales, donde las variables de respuesta fueron el índice de electividad por parche alto, índice de electividad de parche bajo y el índice de selectividad por la proteína cruda. Se tomaron como variables todas las medidas de estructura de forraje. Todos los análisis estadísticos fueron realizados con SAS (SAS OnDemand for Academics).

3. Resultados y discusión general por estación

3.1. Verano

A nivel de parcela, la masa, altura, porcentaje de cobertura de parches, y la calidad del forraje fueron afectados por la oferta de forraje. Las parcelas con AOF tuvieron mayor ($P < 0.05$) altura, masa y calidad del forraje (5,4 vs $3,3 \pm 0,1$ cm; 1448 vs 694 ± 68 KgMS/ha; 6,3 vs $5,8 \pm 0,1$ % PC) comparado con las parcelas BOF. Si bien la cobertura de PA fue mayor ($P < 0.05$) en AOF comparado con BOF (6 vs 3 %; AOF vs BOF) ambas parcelas tuvieron mayor proporción de cobertura de PB comparado con PA (84 vs 6 y 86 vs 3; PB vs PA en AOF y BOF, respectivamente).

Asimismo, la cobertura de PB fue mayor al 79% en todas las parcelas (tabla 3). En BOF-PU las parcelas tuvieron mayor ($P < 0.01$) masa, altura y cobertura de PA, con menor ($P < 0.01$) cobertura de PB, porcentaje de FDN y de PC comparado con las BOF-CR. En AOF-PU las parcelas presentaron menor ($P < 0.01$) masa, altura y cobertura de PA con mayor ($P < 0.01$) FDA y PC ofrecida en comparación con AOF-CR. Tanto en BOF-PU y AOF-PU la altura del PB fue mayor ($P < 0.01$). El tratamiento BOF-CR fue el más heterogéneo, presentó mayor proporción de sitios con alturas < 2.4 cm y menor proporción de sitios > 3.1 cm (figura 4).

Tabla 3

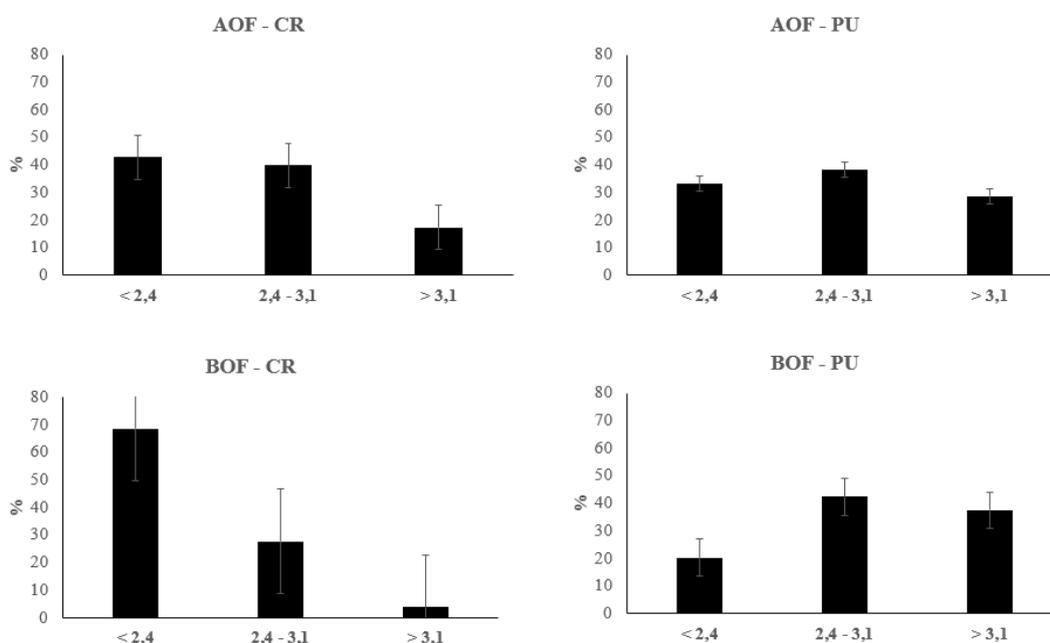
Estructura y calidad de los parches en los cuatro tratamientos durante el verano.

	VERANO					
	BOF			AOF		
	PU	CR	p valor	PU	CR	p valor
PARCELA						
OFR (kgMS/kgPV)	4	3		7	8	
Masa (kgMS/ha)	856 ± 17	579 ± 17	<0,01	1267 ± 48	1629 ± 99	<0,01
Altura (cm)	3,8 ± 0,04	3 ± 0,04	<0,01	4,9 ± 0,1	5,9 ± 0,2	<0,01
PA (%)	13 ± 1,9	0,4 ± 0,1	<0,01	8,5 ± 1,3	11,8 ± 1,2	0,07
PB (%)	79 ± 2,2	89,3 ± 1,1	<0,01	83,7 ± 1,3	82,7 ± 1,2	0,6
FDA (%)	32,8 ± 0,1	34,8 ± 0,1	<0,01	33,4 ± 0,06	32,6 ± 0,03	<0,01
PC (%)	4,7 ± 0,05	4,8 ± 0,03	<0,01	6,2 ± 0,01	5,9 ± 0,04	<0,01
PARCHE ALTO						
Altura (cm)	8,6 ± 0,3	4,6 ± 0,4	<0,01	11,1 ± 0,8	9,9 ± 0,2	0,16
FDA (%)	36 ± 1,2	37,4 ± 1,7	0,56	38,8 ± 1,3	36,6 ± 1,6	0,34
PC (%)	4,5 ± 0,1	4,9 ± 0,1	0,13	5,1 ± 0,1	4,8 ± 0,4	0,57
PARCHE BAJO						
Altura (cm)	3,2 ± 0,05	2,1 ± 0,05	<0,01	3 ± 0,09	2,6 ± 0,05	<0,01
FDA (%)	32,1 ± 2,2	35,3 ± 1,1	0,26	31,1 ± 0,5	28,4 ± 0,8	0,31
PC (%)	4,7 ± 0,1	5,1 ± 0,2	0,37	6,9 ± 0,5	7,5 ± 0,6	0,69

Nota. ±: error estándar; OFR: oferta de forraje real; PA: parche alto ofrecido; PB: parche bajo ofrecido; FDA: fibra detergente acida ofrecida; PC: proteína cruda ofrecida.

Figura 4

Distribución de las alturas del parche bajo (PB), según porcentaje de aparición de los diferentes rangos de altura en cada tratamiento en la parcela.



Nota. %: proporción de aparición de cada categoría de alturas en base al total de las observaciones.

Las variables de comportamiento ingestivo tuvieron un efecto significativo de la interacción OF*GG ($P < 0.05$) y más del 90% de los bocados se dieron en los parches bajos (tabla 4). Los animales en BOF-CR realizaron mayores ($P < 0.06$) EA/minuto resultando en la menor cantidad de boc/EA observada. Los BPA fueron menores ($P < 0.01$) en BOF-CR y en AOF-PU comparados con los otros tratamientos.

La selectividad por FDA (SiFDA) y por PC (SiPC) fueron afectadas por la OF, el GG y la interacción OF*GG. La AOF presentó una dieta de mejor calidad en comparación con BOF, donde ambas selectividades fueron mayores en AOF-CR comparado con BOF-CR.

Tabla 4

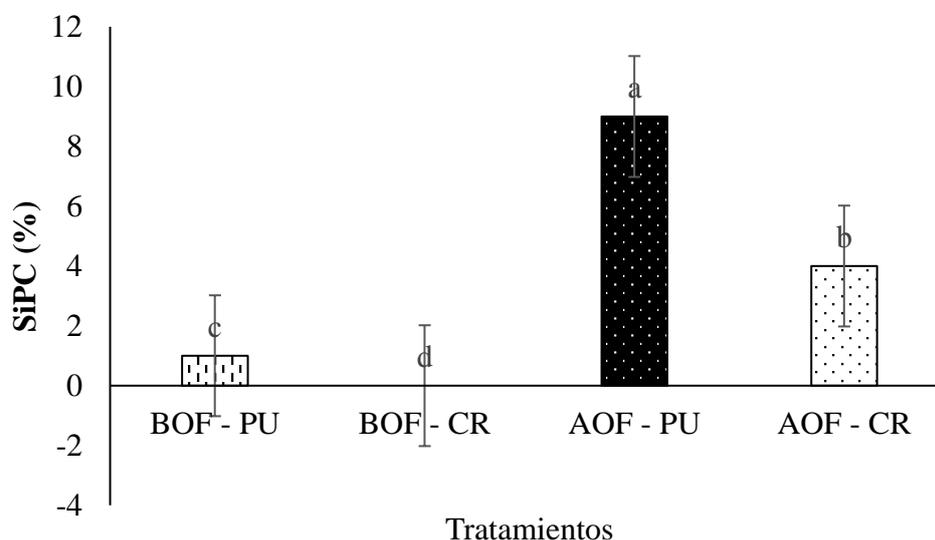
Comportamiento ingestivo, selectividad de parches y calidad de la dieta en los cuatro tratamientos durante el verano.

	VERANO							
	BOF		AOF		se	P-valor		
	PU	CR	PU	CR		OF	GG	OF*GG
EA (n.º/min)	7,4	9,2	8,2	7,2	0,7	0,34	0,51	0,06
TB (n.º)	56,7	50,6	55,3	53,4	3,1	0,79	0,19	0,47
BOC/EA	7,6	5,4	6,8	7,5	0,6	0,35	0,30	0,07
BPA (%)	1a	0b	0b	1a	0,002	0,51	0,77	0,01
BPB (%)	98,0	99,0	99,0	99,0	0,002	0,51	0,77	0,23
EPA	-0,8	-0,5	-0,9	-0,7	0,1	0,05	0,03	0,25
EPB	0,9a	0,9a	0,9a	0,8b	0,02	0,50	0,26	0,01
SiFDA (%)	14a	-14d	12b	5c	0,03	<0,01	<0,01	<0,01
SiPC (%)	1c	0d	9a	4b	0,07	<0,01	<0,01	<0,01

Nota. EA: estaciones de alimentación por minuto; TB: tasa de bocado; BOC/EA: bocados por estación de alimentación; BPA: bocados en parche alto en porcentaje; BPB: bocados en parche bajo en porcentaje, EPA: elección de parche alto; EPB: elección de parche bajo; SiFDA: índice de selectividad por fibra expresado en porcentaje; SiPC: índice de selectividad por proteína cruda expresado en porcentaje; se: error estándar. Letras minúsculas indican diferencias significativas.

Figura 5

Índice de selectividad por proteína cruda durante el verano por tratamientos.



SiPC (%): índice de selectividad para PC expresado en %.

Durante el verano, la masa y altura del forraje fueron mayores en AOF porque la oferta de forraje resultó 100% mayor comparado con BOF (6.8 vs 3.4 kgMS/kgPV en AOF vs BOF respectivamente). Estos resultados se han reportado previamente y

surgen del propio experimento donde pasar de 4 a 8 kgMS/kgPV incrementó la masa y la altura del forraje (2106 a 3087 kgMS/ha y 6.8 a 8.3 cm; Da Trindade et al. 2016; Do Carmo et al. 2018; Mojeen y Maraschin 2002; Machado, 2020). En este caso, avanzamos en el estudio de dichos cambios describiendo la estructura vertical y horizontal del forraje que afectan la covariación entre masa y calidad del forraje (DeVries et al., 1999; Ogura et al., 2002).

La mayor cobertura de PA en las parcelas de AOF respecto a BOF es consistente con Da Trindade (2016) quien reporta que el aumento de la OF genera un gradiente de parches altos, el cual presenta una relación lineal y positiva. El incremento de los PA cuando ocupa mayor superficie reduce el área de los PB, que suelen ser lo más pastoreados (Neves et al., 2009), y en función a su frecuencia pueden dificultar el acceso a los parches preferidos, lo cual disminuye el consumo de MS (Bremm et al., 2012). Sin embargo, más del 90% de los bocados se dieron en los PB, indicando que los PA no fueron una barrera física para su acceso. La diferencia de esto podría estar dada porque Bremm et al. (2012) trabajo con PA de *Eragrostis plana* Nees (especie invasora, no consumida por el ganado) y en el presente estudio los PA contenían especies potencialmente consumibles como por ejemplo *Nassella charruana*, *Schizachyrium microstachyum* o *Andropogon lateralis*.

Las parcelas con mayor disponibilidad de forraje, tanto en masa como en altura (AOF), y con mayor proporción de parches bajos de mayor altura, permitieron que las vacas accedieran a una dieta de mayor contenido de PC y FDA, especialmente en las vacas puras. La mejor calidad de los PB en estas parcelas posiblemente esté dada por la relación verde/seco más favorable y al mayor desarrollo en el crecimiento de las especies. Al estar expuesto a una estructura de forraje más favorable, las vacas pudieron expresar mejor su selectividad, eligiendo una dieta con mayor proporción de proteína cruda (PC), posiblemente al seleccionar una mayor cantidad de hojas y especies de mejor calidad. Estos resultados coinciden con lo señalado por Piaggio (1994), quien indica que, a medida que aumenta la oferta de forraje, también se amplía la diferencia entre lo disponible y seleccionado o lo efectivamente consumido.

En cuanto a las diferencias entre GG, las vacas PU en ambas ofertas lograron acceder a una dieta de mejor calidad, esto podría deberse a diferencias en el estado

interno de los animales, como en los requerimientos de mantenimiento. Se ha reportado que vacas PU poseen mayores requerimientos de mantenimiento derivado de una mayor movilización de tejido graso (Casal, 2016), cuando los requerimientos aumentan la selectividad se dirige a el consumo de forrajes con mayor calidad (Forbes, 2007). En el mismo sentido, novillos con mayores requerimientos de mantenimiento, dieron mas número de bocados en parches bajos con forraje más digestible, en comparación con novillos Hereford (Wallies De Vries et al.,1994). Estos antecedentes son consistentes con nuestros resultados, sugiriendo que los requerimientos del animal son moduladores de la selectividad, si bien la estructura del forraje afecta a través de que se ofrece, el estado interno del animal dirige hacia donde consumir.

Diversos trabajos reportaron que al reducir la oferta de forraje disminuye el tiempo que el animal permanece en cada estación de alimentación (García et al., 2003; Goncalves, 2009), por lo tanto, la estructura del forraje (oferta/intensidad) va a tener un impacto sobre el comportamiento ingestivo de los animales. En condiciones de BOF, caracterizadas por menor masa y altura del forraje, las vacas cruza aumentaron la cantidad de EA/minuto, cubriendo así una mayor área de pastoreo. Este incremento en la frecuencia de EA podría estar asociado a una reducción en el tiempo de bocado, debido a una menor necesidad de manipulación. No obstante, García et al. (2003) reportaron que, si bien en algunas situaciones el tiempo por bocado puede disminuir, el peso del bocado no necesariamente se ve afectado, ya que está vinculado a la estructura de la pastura. El balance energético no solo afectó la selectividad de la dieta, sino también el comportamiento ingestivo, para consumir mayor PB, las vacas debieron ajustar su comportamiento en la EA y bocado, evitando así los PA. Los animales de BOF-CR aumentaron el número de EA/minuto en respuesta a una reducción en la masa de forraje; patrón similar al reportado por Machado (2020).

En este trabajo observamos que las vacas en BOF incrementaron las EA/minuto cambiando rápidamente de EA y así optimizaron el tiempo y recorrieron mayor área de pastoreo, mientras que las vacas en AOF permanecieron mayor tiempo por EA siendo más selectivos. Este ajuste en el comportamiento sugiere una estrategia para aumentar la selectividad en la EA reduciendo el número de bocados/EA, contexto en el cual, los animales podrían estar priorizando la cantidad sobre la calidad.

3.2. Otoño

A nivel de parcela al igual que paso en verano, la masa, altura, porcentaje de cobertura de parches, y la calidad del forraje fueron afectados por la oferta de forraje. Las parcelas con AOF tuvieron mayor ($P < 0.05$) altura, masa y calidad del forraje ($6 \text{ vs } 4 \pm 0,2 \text{ cm}$; $2511 \text{ vs } 1686 \pm 85 \text{ kgMS/ha}$; $34 \text{ vs } 29 \pm 0,9 \text{ \%FDA}$) comparado con las parcelas BOF. Si bien la cobertura de PA fue mayor ($10 \text{ vs } 3 \text{ \%}$; AOF vs BOF; $P < 0.05$) la cobertura del PB fue menor ($83 \text{ vs } 90 \text{ \%}$; AOF vs BOF; $P < 0.05$) en AOF.

Ambos parches tuvieron mayor ($P < 0,05$) masa y FDA en AOF ($6638 \text{ vs } 4427 \pm 39 \text{ kgMS/ha}$; $39 \text{ vs } 37 \pm 0,4 \text{ \%FDA}$ para PA y $2253 \text{ vs } 1598 \pm 38 \text{ kgMS/ha}$; $33 \text{ vs } 29 \pm 0,9 \text{ \%FDA}$ para PB) en comparación con BOF.

El tratamiento BOF-PU presentó menor ($P < 0,01$) altura y cobertura de PB, pero mayor ($P < 0,01$) cobertura de PA y calidad en comparación con la BOF-CR (tabla 5). El tratamiento AOF-PU presentó menor ($P < 0,01$) altura, masa y cobertura de PA, pero mayor ($P < 0,01$) cobertura de PB y calidad en comparación con la AOF-CR.

El PA en BOF-PU presento mayor ($P < 0,01$) altura y FDA en comparación con BOF-CR, mientras que en AOF la mayor altura ($P < 0,01$) se dio en AOF-CR. La altura del PB fue mayor ($P < 0,01$) en BOF-PU en comparación con BOF-CR.

Tabla 5

VARIABLES DESCRIPTIVAS DE LA ESTRUCTURA DE FORRAJE EN LA PARCELA Y PARCHE ALTO Y BAJO.

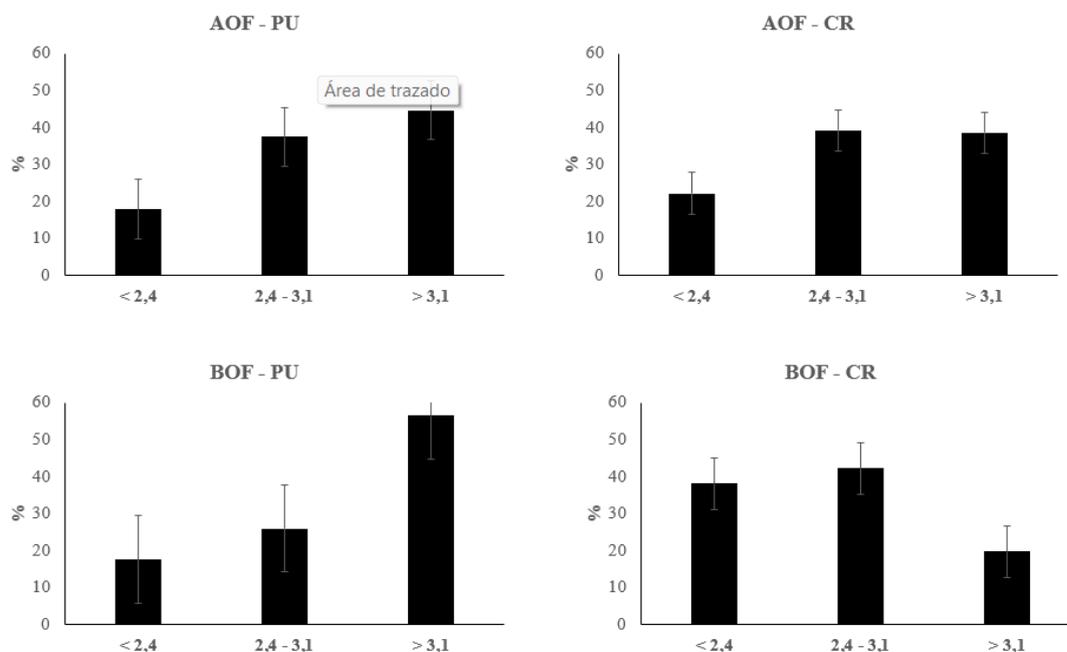
	OTOÑO					
	BOF			AOF		
	PU	CR	p valor	PU	CR	p valor
PARCELA						
OFR (kgMS/kgPV)	5	5		9	9	
Altura (cm)	3,8 ± 0,06	4,5 ± 0,09	<0,01	4,8 ± 0,2	7,8 ± 0,3	<0,01
Masa (kgMS/ha)	1840 ± 39	1736 ± 43	0,07	2172 ± 123	3045 ± 118	<0,01
PA (%)	16,7 ± 2,4	0,4 ± 0,1	<0,01	10,1 ± 1,5	20,5 ± 2,3	<0,01
PB (%)	79,5 ± 2,4	94,7 ± 0,3	<0,01	86,4 ± 1,5	75,2 ± 1,9	<0,01
FDA (%)	32,5 ± 0,1	29,2 ± 0,03	<0,01	34,4 ± 0,08	30,2 ± 0,1	<0,01
PC (%)	8,3 ± 0,01	7,7 ± 0,01	<0,01	7,4 ± 0,02	6,8 ± 0,02	<0,01
PARCHE ALTO						
Altura (cm)	13,2 ± 0,5	7,8 ± 0,6	<0,01	11,3 ± 0,3	13,2 ± 0,3	<0,01
FDA (%)	37,8 ± 0,9	30,8 ± 0,8	0,01	36,5 ± 0,9	33,8 ± 0,8	0,08
PC (%)	7,6 ± 0,2	6,7 ± 0,2	0,10	6,7 ± 0,2	5,6 ± 0,6	0,22
PARCHE BAJO						
Altura (cm)	3,9 ± 0,1	2,8 ± 0,05	<0,01	3,5 ± 0,08	3,3 ± 0,07	0,1
FDA (%)	30,3 ± 3	28,9 ± 1,3	0,74	31,8 ± 0,7	25,5 ± 0,2	0,08
PC (%)	8,5 ± 0,2	8,1 ± 0,7	0,68	8,5 ± 0,5	8,8 ± 0,3	0,56

Nota. ±: error estándar; OFR: oferta de forraje real; PA: parche alto ofrecido; PB: parche bajo ofrecido; FDA: fibra detergente ácida ofrecida; PC: proteína cruda ofrecida.

Al observar la distribución de las diferentes categorías de alturas del PB (figura 6) se destaca que la BOF-CR tiene una mayor proporción de sitios con alturas menores a 2,4 cm y una menor proporción de sitios con alturas mayores a 3,1 cm.

Figura 6

Distribución de las 3 categorías de alturas del PB según su porcentaje de aparición en el total de las observaciones para cada tratamiento.



Nota. %: proporción de aparición de cada categoría de alturas en base al total de las observaciones.

La interacción OF*GG fue significativa ($P < 0.05$) para las variables EA, boc/EA, SiFDA y SiPC (tabla 6). Los animales en BOF-CR realizaron mayor cantidad de EA y redujeron los boc/EA, cosechando una dieta con menor contenido de FDA (-14%) y mayor contenido de PC (+8% de PC). Además, presentaron un 50% más de EA por minuto en comparación con los demás tratamientos, sin diferencia en la tasa de bocados. Los índices de selectividad fueron afectados por la interacción OF*GG, SiFDA fue mayor en BOF-CR, mientras que la SiPC mayor en BOF-CR y AOF-CR.

Tabla 6

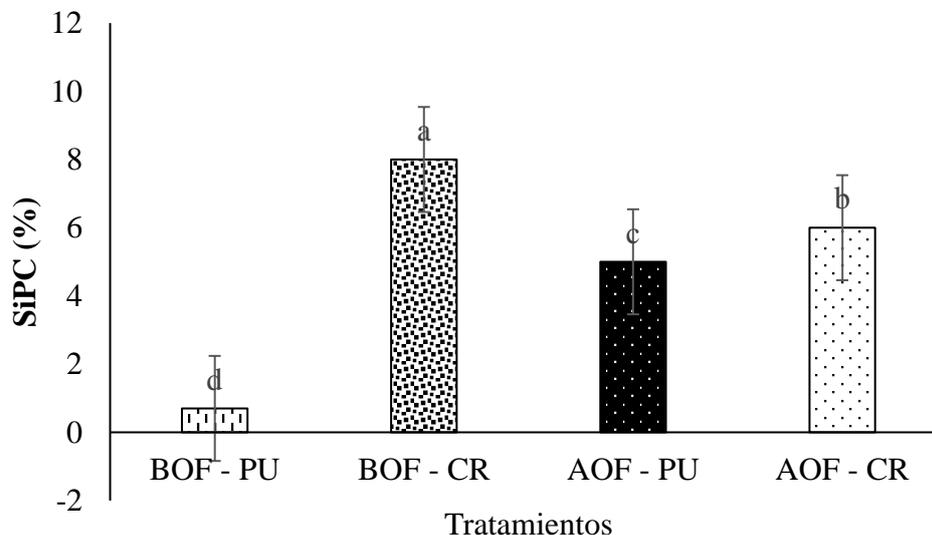
Variables de comportamiento ingestivo.

	OTOÑO							
	BOF		AOF		se	P-valor		
	PU	CR	PU	CR		OF	GG	OF*GG
EA (n.º/min)	6,5b	9,4a	6,6b	6b	1,2	<0,01	<0,01	<0,01
TB (n.º)	55,2	53,4	52,6	52,3	1,5	0,49	0,70	0,78
BOC/EA	9a	5,4b	8,3a	9,1a	1,3	0,02	<0,01	<0,01
BPA (%)	0,0	1,0	2,0	3,0	0,007	0,13	0,38	0,91
BPB (%)	99,0	98,0	97,0	97,0	0,008	0,13	0,38	0,91
EPA	-0,9	0,0	-0,7	-0,7	0,3	0,35	0,12	0,13
EPB	0,9	0,6	0,7	0,7	0,09	0,75	0,27	0,30
SiFDA (%)	14a	-14c	6b	6b	0,11	<0,01	<0,01	<0,01
SiPC (%)	0,7d	8a	5c	6b	0,12	<0,01	<0,01	<0,01

Nota. EA: estaciones de alimentación por minuto; TB: tasa de bocado; BOC/EA: bocados por estación de alimentación; EPA: elección de parche alto; EPB: elección de parche bajo; SiFDA: índice de selectividad por fibra expresado en porcentaje; SiPC: índice de selectividad por proteína cruda expresado en porcentaje; se: error estándar; BPA: bocados en parche alto en porcentaje; BPB: bocados en parche bajo en porcentaje; *: tendencia. Letras minúsculas indican diferencias significativas.

Figura 7

Índice de selectividad por PC (SiPC) expresado en % por tratamiento.



SiPC (%): índice de selectividad para PC expresado en %.

Al igual que verano, la AOF presentó mayor masa, altura y cobertura de PA en comparación con BOF, pero con igual calidad entre las OF. La cobertura de parche alto fue diferente en cada tratamiento, dentro de la BOF las PU tuvieron mayor

cobertura de parche alto y dentro de la AOF fueron las CR. Los animales modifican la elección de los parches de acuerdo con la relación cantidad-calidad presente. En esta estación, el rechazo del parche alto fue casi del 100% lo que coincide con Ogura et al. (2002) que reportaron que en otoño tardío los parches altos son de menor calidad, por lo tanto, los animales concentraron su consumo en los parches bajos de menor masa, pero de mejor calidad. En este trabajo las vacas concentraron el consumo sobre el PB, realizando más del 90% de los bocados allí, con características nutricionales en términos de PC y FDA mejores que en el PA.

Cuando analizamos los índices de selectividad se registra un rechazo importante ya que solo el 1% de los bocados fueron realizados en el PA, sin embargo, este ocupa aproximadamente el 20% de la parcela en la pastura por lo cual se infiere que las vacas modificaron su conducta para evitarlos. En el caso de las vacas en BOF-CR utilizan el parche alto en la misma proporción que lo ofrecido ($EPA=0$), esto podría ocurrir ya que la cobertura del parche alto en el potrero fue limitada (0,4%) y tuvo menor contenido de FDA. Este comportamiento no coincide con lo reportado por Azambuja (2019) quien destaca que el consumo del estrato alto es bajo cuando se utilizan BOF (4kgMS/100kgPV/día), se podría atribuir a las diferencias de los animales utilizados por ambos trabajos (multíparas vs vaquillonas en crecimiento) ya que el estado interno y la categoría afectan los requerimientos energéticos pudiendo modificar la conducta ingestiva.

En cuanto a la calidad de la dieta, la interacción $OF*GG$ para SiPC fue explicada por una mejora en la dieta de las AOF y de las CR en ambas OF (figura 7). Por un lado, la AOF presento mayor altura promedio en la parcela, con una presencia de sitios < 2.4 cm menores al 20%, aumentando la probabilidad de encontrarse con sitios de mayores alturas para cosechar forraje de mejor calidad y cantidad. En otoño las vacas en AOF tuvieron una mejor oportunidad de cosechar una dieta de mejor calidad a través de una mejora en la oportunidad de encontrarse con mayores alturas, calidad, relación verde/seco y especies con mayor proporción de hojas debido a la mejora en su tasa de crecimiento. De manera similar a lo reportado por Caram (2019), durante esta época de mayor oferta forrajera, los parches de baja altura fueron los más seleccionados. El incremento en la OF permite a los animales expresar con mayor

libertad su selectividad, lo que se traduce en una mayor intensidad de defoliación sobre ciertos grupos de especies (Caram, 2019).

Caram (2019) reporta que el grupo funcional D (principal componente del PA del área experimental) posee una muy baja probabilidad de ser defoliado, mismo resultado fue observado a través de la construcción de los índices de selectividad los cuales indican una fuerte evitación por los parches altos en dicha estación. Aunque estos parches son atractivos en cantidad, la calidad comienza a jugar un papel fundamental. Durante esta estación, la masa de forraje verde en los PA disminuye significativamente, lo que indica una pérdida de calidad, evidenciada por el aumento en el contenido de fibra y la reducción en la concentración energética. Como resultado, estos parches dejan de ser atractivos para el consumo, y los animales ejercen una mayor presión de selección sobre los PB, donde pueden obtener forraje de mejor calidad y que, además, presentan una altura promedio favorable de 3 cm.

Consistente con lo reportado por Caram (2019) quien destacó que en otoño el factor especie, asociado a los atributos foliares, tuvo un papel importante en la selección por parte de los animales. El incremento en la OF favorece una mayor oportunidad de selección, dirigiéndose principalmente hacia los PB, coincidiendo con lo mencionado por DeVries y Dalebout (1994) y Dumont et al. (2007). Esta mayor presión de selección sobre los PB genera áreas menos preferidas, con muy baja frecuencia de consumo y que tienden a transformarse en PA (Casalás, 2019; Neves et al., 2009). Esto se refleja en el aumento del 3% en la cobertura de PA con el incremento de la OF en otoño, siendo además más evidente en el tratamiento con alta oferta forrajera (AOF), donde la cobertura de PA fue significativamente mayor.

Las vacas del tratamiento BOF-CR aumentaron tanto el número de estaciones de alimentación (EA) como la cantidad de bocados por EA. Este tratamiento presentó una mayor frecuencia de EA por minuto, lo que, manteniendo una tasa de bocado constante, resultó en una menor cantidad de bocados por EA y, en consecuencia, en una reducción del tiempo dedicado a cada EA. En condiciones donde la masa y altura del forraje están limitadas —como ocurre en el tratamiento BOF— este incremento en la frecuencia de EA sugiere una mayor necesidad de exploración para encontrar forraje disponible. Aunque García et al. (2013) sugieren que un mayor número de EA/minuto

puede deberse a una menor manipulación del bocado con pastoreo más intenso, en este estudio no se encontraron diferencias en la tasa de bocado entre tratamientos. Esto indica que la intensidad de pastoreo afectó la dinámica de EA, pero no la del bocado. Además, al incluir el arreglo de los parches altos como covariable en el modelo, los resultados se mantuvieron sin cambios.

No se encontraron diferencias significativas en la altura de los PB entre ambas ofertas forrajeras, por lo que, según Gonçalves (2007), se esperaría una frecuencia similar de EA/minuto. Sin embargo, las vacas del tratamiento BOF-CR mostraron un aumento en la frecuencia de EA, posiblemente debido a condiciones particulares de la parcela —como menor masa de forraje y baja cobertura de parches altos (0,4%)— que, pese a tener igual altura de PB, obligaron a las vacas a adaptar su comportamiento ingestivo para mantener un adecuado consumo de MS/día, incrementando así las EA/minuto.

3.3. Invierno

A nivel de parcela, las únicas diferencias fueron, mayor ($P<0,05$) altura y cobertura de PA (4,8 vs $3,5 \pm 0,2$ cm; 7,6 vs $3,7 \pm 0,8$ %) en AOF comparado con BOF.

El tratamiento BOF-PU presentó mayor ($P<0,01$) altura, masa, PA, y calidad en comparación con BOF-CR. La altura tanto del PA como del PB fue mayor ($P<0,01$) en BOF-PU sin diferencias en la calidad. El tratamiento AOF-PU presentó mayor ($P<0,01$) altura, masa, PA, PB, FDA y PC en comparación con AOF-CR.

Tabla 7

Variables de la estructura de forraje presentados por OF y GG.

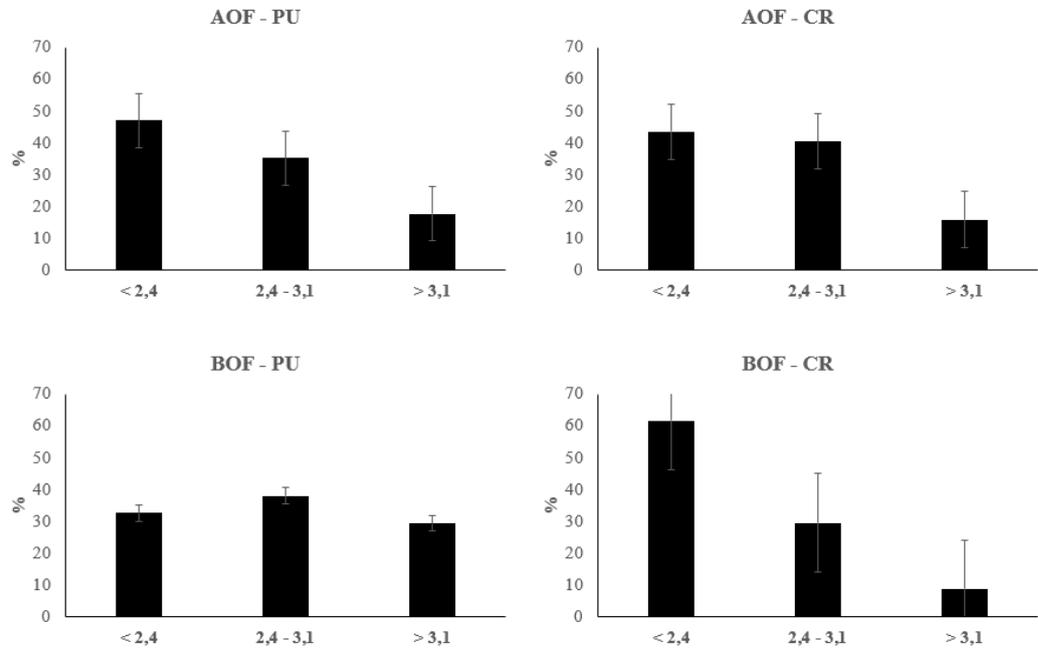
	INVIERNO					
	BOF			AOF		
	PU	CR	p valor	PU	CR	p valor
PARCELA						
OFR (kgMS/kgPV)	6	6		5	6	
Altura (cm)	4,1 ± 0,1	3 ± 0,06	<0,01	5,5 ± 0,2	4,1 ± 0,3	<0,01
Masa (kgMS/ha)	2029 ± 31	1352 ± 65	<0,01	2160 ± 93	1717 ± 110	<0,01
PA (%)	17 ± 1,9	1,1 ± 0,2	<0,01	8,6 ± 1,2	17,9 ± 2,3	<0,01
PB (%)	78,3 ± 2,3	91,4 ± 0,5	<0,01	86,7 ± 1,3	78,3 ± 1,9	<0,01
FDA (%)	32 ± 0,06	25,5 ± 0,09	<0,01	28,8 ± 0,2	29,4 ± 0,1	0,02
PC (%)	7,8 ± 0,02	6,2 ± 0,01	<0,01	7,8 ± 0,04	6,9 ± 0,04	<0,01
PARCHE ALTO						
Altura (cm)	10,9 ± 0,4	7,2 ± 0,2	<0,01	11,2 ± 0,3	11,4 ± 0,3	0,8
FDA (%)	36,9 ± 2,1	32,2 ± 2,0	0,18	38,7 ± 1,2	35,5 ± 1,9	0,25
PC (%)	6,4 ± 1,0	5,1 ± 0,5	0,32	6 ± 0,6	5,2 ± 0,5	0,44
PARCHE BAJO						
Altura (cm)	3,1 ± 0,1	2,3 ± 0,06	<0,01	2,7 ± 0,8	2,6 ± 0,6	0,51
FDA (%)	31,6 ± 0,1	24,8 ± 1	0,09	24,8 ± 9,1	27,1 ± 0,4	0,85
PC (%)	7,4 ± 0,5	6,4 ± 0,6	0,33	8,2 ± 0,5	7,6 ± 0,3	0,51

Nota. ± error estándar; OFR: oferta de forraje real; PA: parche alto ofrecido; PB: parche bajo ofrecido; FDA: fibra detergente acida ofrecida; PC: proteína cruda ofrecida.

Hacia invierno en todos los tratamientos aumento la proporción de sitios con alturas < 2.4 cm en todos los tratamientos, siendo aún más pronunciado este aumento en BOF-CR (figura 8).

Figura 8

Distribución de proporciones de las 3 clases de sitios diferenciados por alturas dentro del PB, por tratamiento.



Nota. %: proporción de aparición de cada categoría de alturas en base al total de las observaciones.

La interacción OF*GG solo tuvo efecto significativo ($P < 0,01$) sobre la variable SiPC. La OF afectó los bocados en parche alto (BPA), bocados en parche bajo (BPB), EPA y EPB. En la AOF las vacas realizaron mayores BPA, menores BPB, evitaron en menor medida el PA (EPA) y el PB (EPB).

Tabla 8

Variables de comportamiento ingestivo presentados por OF y GG.

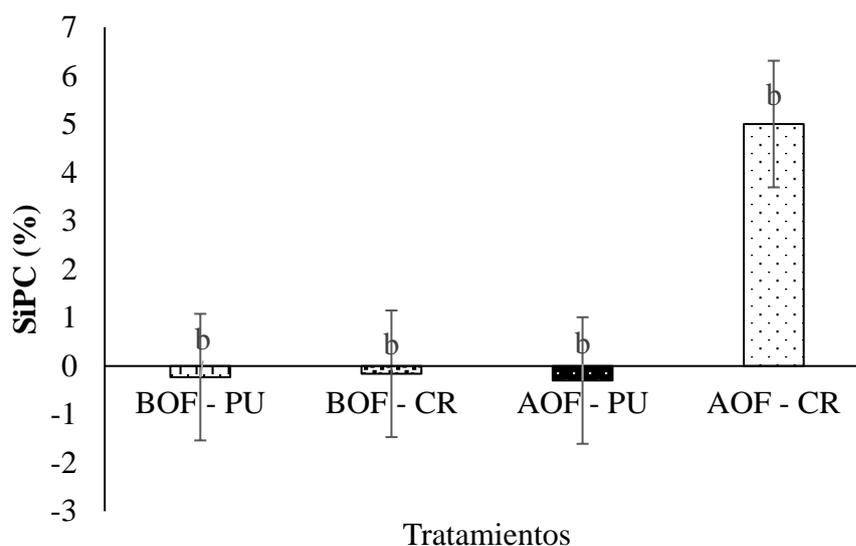
	INVIERNO							
	BOF		AOF		se	P-valor		
	PU	CR	PU	CR		OF	GG	OF*GG
EA (n.º/min)	6,6a	7,7a	5,5b	5,9b	0,3	0,08	0,17	0,52
TB (n.º)	50,0	50,6	49,5	46,9	2	0,63	0,63	0,45
BOC/EA	8,8	7,0	10,0	8,4	0,5	0,22	0,13	0,93
BPA (%)	4b	2b	9a	11a	0,02	0,05	0,08	0,42
BPB (%)	95a	97a	90b	88b	0,02	0,05	0,81	0,42
EPA	-0,47b	-0,47b	-0,1a	0,11a	0,09	0,05	0,41	0,42
EPB	0,61a	0,57a	0,3b	0b	0,09	0,05	0,21	0,31
SiFDA (%)	8ba	-18bb	10,7aa	-3ab	3,7	0,07	0,01	0,16
SiPC (%)	-0,23b	-0,16b	-0,3b	5a	0,24	<0,01	<0,01	<0,01

Nota. EA: estaciones de alimentación por minuto; TB: tasa de bocado; BOC/EA: bocados por estación de alimentación; EPA: elección de parche alto; EPB: elección de parche bajo; SiFDA: índice de selectividad por fibra expresado en porcentaje; SiPC: índice de selectividad por proteína cruda expresado en porcentaje; se: error estándar; BPA: bocados en parche alto en porcentaje; BPB: bocados en parche bajo en porcentaje; *: tendencia. Letras minúsculas indican diferencias significativas.

SiFDA fue afectada por la OF y GG, las vacas en PU cosecharon una dieta con mayor contenido de FDA por sobre lo ofrecido. SiPC fue afectada por la interacción OF*GG, explicado por el comportamiento diferencial de la AOF-CR. La AOF-CR logro una dieta con más PC que lo ofrecido.

Figura 9

Índice de selectividad para la PC (SiPC) por tratamiento.



SiPC (%): índice de selectividad para PC expresado en %.

En la estación de invierno, las ofertas de forraje se igualan por razón de conducción del experimento, es un escenario más restrictivo en términos de masa y altura, en comparación con las demás estaciones que se vienen discutiendo anteriormente.

La OF influyó en la frecuencia de estaciones de alimentación por minuto, siendo mayor en las vacas del tratamiento BOF. Un patrón similar fue observado por Machado (2020), quien señala que este comportamiento tiende a reducir la selectividad dentro de cada estación de alimentación, favoreciendo un mayor número de encuentros con nuevas estaciones. En concordancia con esto, las vacas de BOF realizaron una menor cantidad de bocados en los parches altos en comparación con AOF, probablemente porque al cambiar más rápidamente de estación priorizaron el consumo de los parches bajos, de mejor calidad, evitando así los parches altos, menos rentables nutricionalmente. Un aumento en la proporción de parche alto ofrecido podría ser interpretado por el animal como un aumento en la distancia entre las estaciones de alimentación lo cual puede afectar el número de estaciones de alimentación y los bocados/EA (Searle et al., 2005). Al aumentar la distancia entre estaciones de alimentación, el animal realizaría mayor número de bocados/EA, lo cual resultó en menores estaciones de alimentación/minuto (Charnov, 1976), esto se puede observar en las vacas de AOF donde tienden a tener un mayor número de bocados/EA y menores EA/minuto.

Solo las vacas del tratamiento AOF-CR lograron cosechar una dieta con mayor cantidad de PC en comparación con la ofrecido. Esto podría explicarse por razones similares a las discutidas en estaciones anteriores. Por el lado de la pastura, una estructura de forraje más favorable en sitios dentro del PB con mayores alturas habría facilitado la selectividad, ofreciendo al animal una mayor oportunidad para cosechar especies de mejor calidad. En cuanto al genotipo, no es posible establecer conclusiones claras, ya que en BOF las vacas CR no replicaron el comportamiento observado en AOF.

El cambio en la oferta forrajera fue más marcado en AOF que en BOF, pasando de 9 a 5 kg MS/kg PV en AOF, y de 5 a 6 kg MS/kg PV en BOF. Estas variaciones

impactan directamente en la estructura del forraje, lo que a su vez influyó en el comportamiento ingestivo de los animales. En el tratamiento AOF, el comportamiento ingestivo de los animales llevó a que comenzaran a utilizar el parche alto ofrecido. Esto se reflejó en la composición química de la dieta, donde las vacas puras consumieron una dieta con mayor contenido de fibra y menor concentración de proteína cruda que lo ofrecido en comparación con las vacas cruza.

Este resultado evidencia la plasticidad de las vacas cruza en la conformación de su dieta. En este caso, dicha plasticidad se manifiesta bajo condiciones de AOF, donde las CR lograron cosechar una dieta con mayor contenido de PC que lo ofrecido y menor contenido de FDA en comparación con las vacas PU, aunque en distintas magnitudes. A diferencia de lo observado en otoño, donde esta capacidad de adaptación se expresaba en condiciones de BOF, aquí se destaca en AOF, resaltando que las vacas cruza poseen una mayor capacidad para modificar la composición química de la dieta frente a diferentes escenarios, en comparación con las vacas puras.

El aumento en la cantidad de bocados realizados en parche alto podría estar afectado por la cobertura de parches altos en el potrero. Esto coincide con reportes que indican que la composición de la dieta cosechada se relaciona con la frecuencia de los componentes en la pastura presentes (Azambuja, 2019; Bremm et al., 2012, 2016). En ambientes con mayor cobertura de parches altos, los animales enfrentan mayores costos de selección para obtener una dieta de calidad (Thornley et al., 1994). En este estudio, el índice de selectividad fue más negativo en BOF, indicando un mayor rechazo de los parches altos en comparación con AOF. Esto contrasta con Bremm et al. (2016), quien reportó una mayor negatividad del índice con mayor cobertura de estrato alto. La diferencia podría deberse a la composición de los parches: Bremm trabajó con *Eragrostis plana* Ness (considerada maleza), mientras que en este estudio predominó *Nassella charruana*, potencialmente consumible según la estación (Caram, 2019). Esto sugiere que, más que por la estructura del forraje, los animales podrían estar guiando su selectividad en función de su estado interno y requerimientos energéticos.

En esta estación, las vacas se encuentran en el último tercio de la gestación, lo que implica un aumento en sus requerimientos energéticos en comparación con el

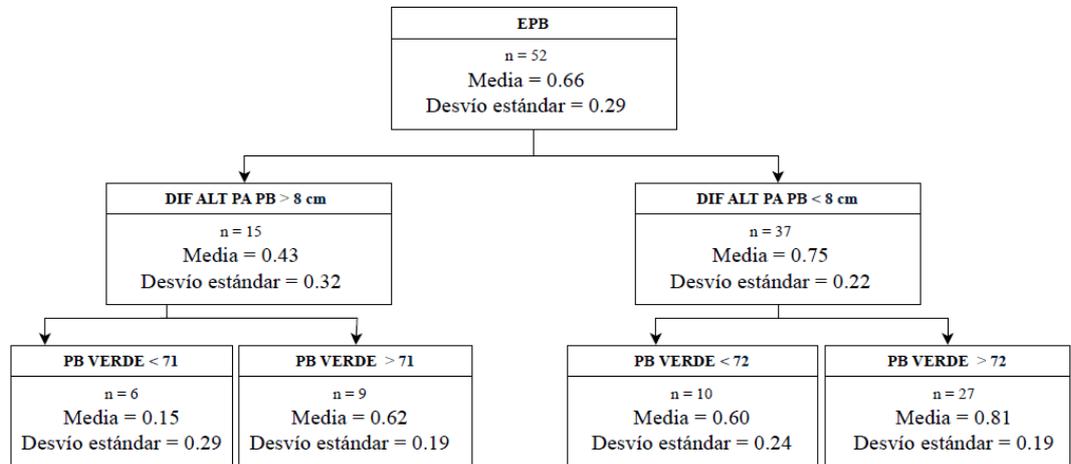
otoño. Según Farruggia et al. (2006), ante una mayor demanda energética, los animales tienden a seleccionar en mayor proporción los parches bajos. Esta tendencia se confirmó en ambos niveles de oferta, donde más del 90% de los bocados se realizaron en los parches bajos, lo que sugiere una estrategia orientada a maximizar el valor nutritivo de la dieta cosechada. Coincidiendo con Caram (2021) quien reporta que la condición corporal posee efectos sobre la defoliación de los diferentes grupos de especies, en invierno (gestación tardía) las vacas aumentaron la cantidad consumida de especies duras, esto se observa a través de que los animales aumentaron el consumo de los parches altos en comparación con otoño. Así mismo, durante el invierno, cuando las ofertas forrajeras de los tratamientos se igualan (4 kg MS/kg PV) y la tasa de crecimiento del forraje disminuye, las diferencias en masa y altura entre los parches bajos y altos se reducen en comparación con otras estaciones (Caram 2019). En ese contexto, no se observaron diferencias significativas en la selectividad entre los distintos grupos de especies, destacándose el uso del grupo vinculado a los parches altos, principalmente por su mayor disponibilidad. Esto coincide con lo observado en el presente estudio, donde se incrementó el número de bocados en los parches altos, indicando que los animales comenzaron a utilizarlos más por su abundancia que por su calidad, a diferencia de lo que ocurre en otras estaciones (Ogura et al., 2002).

3.4. Relaciones entre el comportamiento ingestivo, selectividad de la dieta y electividad de los parches

Como podemos ver en el árbol de componentes principales (figura 10) el índice de electividad del PB (EPB) fue afectado en primer lugar por la diferencia de altura entre el PB y PA, y en segundo lugar el porcentaje de verde del PB. Cuando la diferencia de altura entre parches es mayor a 8 cm la electividad por los parches bajos disminuye y cuando el porcentaje de verde es menor a 71 la electividad disminuye. Por otro lado, cuando la diferencia de altura entre parches es menor a 8 cm y la proporción de verde es mayor a 72 la electividad aumenta.

Figura 10

Árbol de componentes principales del índice de electividad de parche bajo.

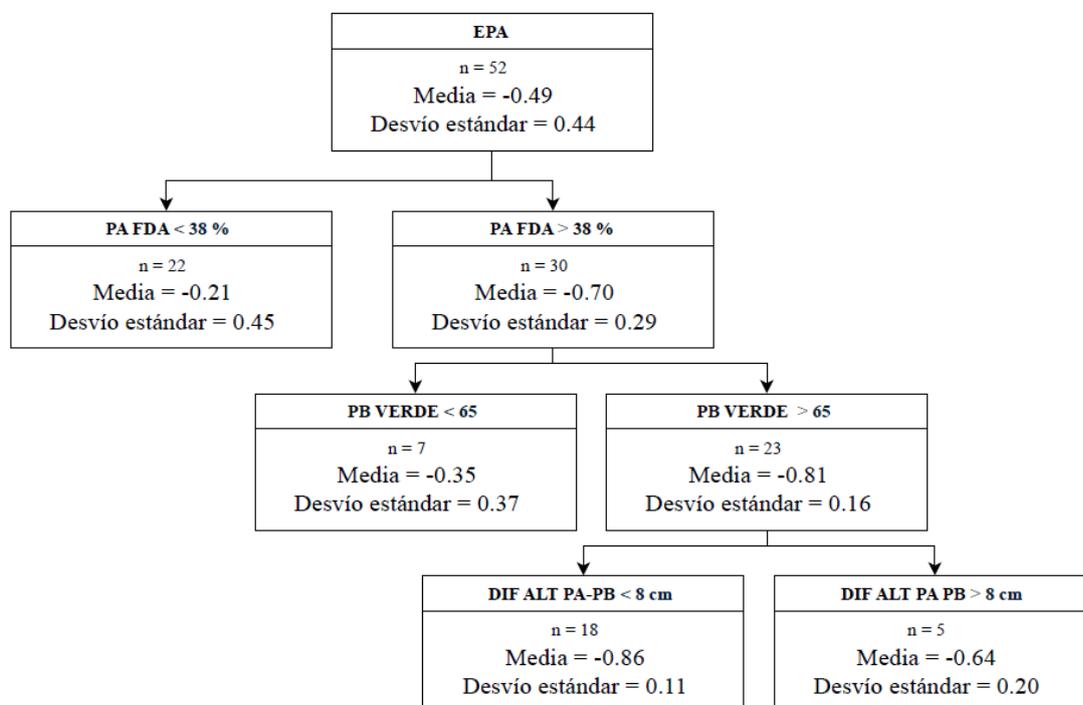


Nota. EPB: índice de electividad del parche bajo; DIF ALT PA PB: diferencia de altura entre el parche bajo y parche alto en cm; PB VERDE: proporción de contenido verde del parche bajo.

El índice de electividad del PA está afectado en primer lugar por el contenido de FDA y luego por el contenido de verde de PB. Como se observa en la figura 11, las combinaciones de alta FDA del PA (> 38%), alto contenido de verde del PB (> 65%) y una menor diferencia de altura entre parches (< 8 cm) está asociada a valores más negativos de EPA, lo que significa que el PA es más evitado.

Figura 11

Árbol de componentes principales para el índice de electividad de parche alto.

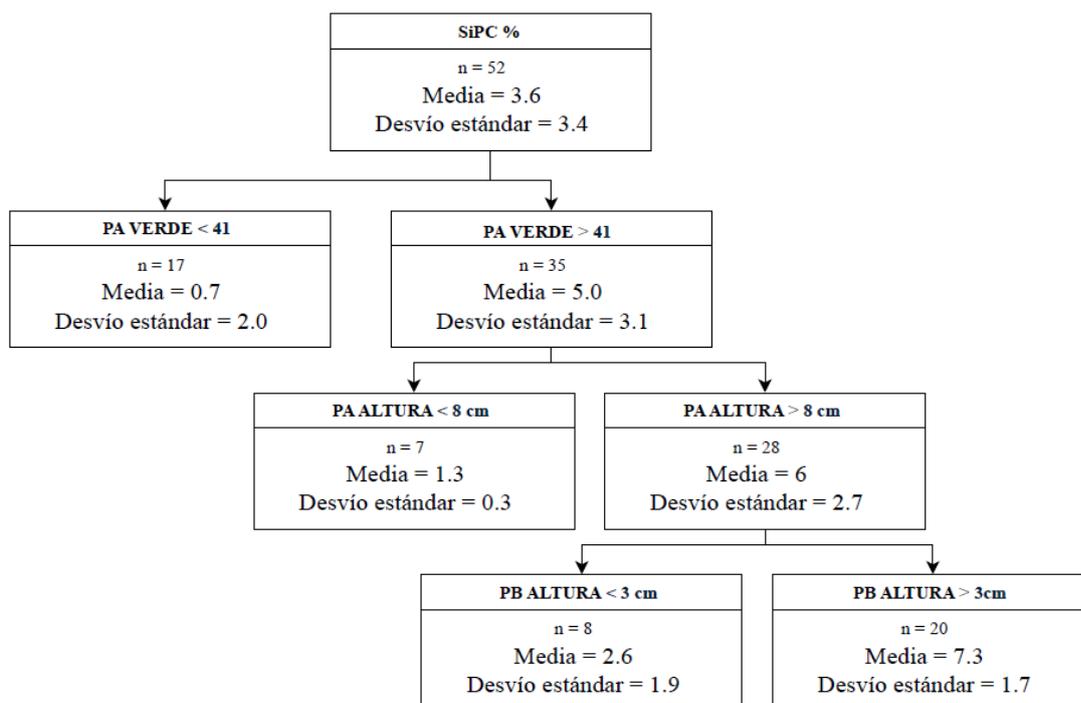


Nota. EPA: índice de electividad parche alto; PA FDA: contenido de FDA %; PB VERDE: proporción del contenido verde de parche bajo; DIF ALT PA PB: diferencia de altura entre el parche bajo y parche alto en cm.

El índice de selectividad por la PC fue afectado por el contenido de forraje verde del PA, por la altura del PA y la altura del PB. Los valores más altos de SiPC (%) están asociados a situaciones donde el contenido de forraje verde del PA es mayor a 41%, la altura del PB es mayor a 8 cm y la altura del PA mayor a 3 cm. Por otro lado, valores menores de contenido de forraje verde del PA o alturas más bajas de 8 cm están asociados a menores valores de SiPC (%).

Figura 12

Árbol de componentes principales para el porcentaje de proteína cruda en la dieta.



Nota. SiPC%: índice de selectividad expresado en porcentaje de proteína cruda; PA VERDE: proporción del contenido de verde del parche alto; PA ALTURA: altura del parche alto cm; PB ALTURA: altura del parche bajo cm.

4. Discusión general

El uso de las OF variables a lo largo del año afectaron la estructura del forraje, las AOF tanto en verano como otoño, determinaron un aumento en la masa y altura del forraje, lo cual coincide con lo reportado para el ecosistema *Campos* tanto a nivel nacional (Do Carmo, 2013; Caram, 2019; Casalás, 2019; Machado, 2020) como a nivel internacional (Mezzalira et al., 2013; Carvalho et al., 2013; Da Trindade et al., 2012) en comparación con BOF. En invierno la baja en la masa de forraje y altura estaría explicado por la disminución de la OF (6 kgMS/kgPV AOF y BOF) determinado por

el diseño experimental (Do Carmo et al., 2016) y la dominancia de especies C4 estivales característico de la región (Berretta, 2001). Sin embargo, la utilización de la masa (kgMS/ha) y altura (cm) como variable de control y descripción del forraje ofrecido posee limitantes para la comprensión para los resultados, ya que una misma masa puede presentar diferentes formas de distribución en el espacio (Carvalho, 1997) como también variar en el valor nutritivo del forraje ofrecido (Piaggio, 1994; Mojeen y Maraschin, 2002).

Aumentos en la OF de 6 a 10 kgMS/kgPV determinaron un aumento en la cobertura de PA, con el aumento en la frecuencia de sitios con mayor altura y masa coincidiendo con otros trabajos (Neves et al., 2009; Machado, 2020; Do Carmo et al., 2021). Sobre el ecosistema *Campos* se reporta que el aumento de la OF impacta en el aumento de la proporción de PA (4, 8, 12 y 16 kgMS/100 kgPV; 0.8, 19, 26.4, 36.3% de parches altos respectivamente) aumentando la heterogeneidad dentro de la parcela (Da Trindade et al., 2012; Bremm et al., 2012; Carvalho et al. 2007; Mezzalira et al. 2012). El aumento de la cobertura de PA en nuestro experimento estuvo asociado a un conjunto de especies con *Nassella Charruana* como especie principal invernal no invasora, del tipo productivo duro, porte elevado, apetecibilidad durante el crecimiento de las hojas, conforma maciegas; Rosengurtt, 1979), pudiendo ser potencialmente consumido por los animales a diferencia de las otras especies. En cambio, los antecedentes reportan PA constituidos por especie considerada invasora (Bremm et al., 2012). Asimismo, está demostrado que los PA no son estáticos durante todo el año, ni siempre están constituidos por la misma especie (Casalás, 2019), por lo que la estructura de forraje se torna dinámica a través del tiempo y espacio.

Es relevante tomar a los parches como un conjunto de variables dinámicas, que se diferencian entre ellos por características no solo de cantidad como fue mencionado anteriormente, sino también de calidad entre y dentro de ellos. Los parches altos son más competitivos poseen mayor biomasa, altura y diversidad de grupos funcionales, su alta proporción de material muerto y de fibra determina que energéticamente sean menos rentables para el consumo (Caram, 2019). La teoría de forraje óptimo predice que la selectividad aumenta a medida que aumenta esta diferencia entre las opciones presentes (Pyke, 1984), por lo que en este caso desde la perspectiva de lo ofrecido no

sería lo mismo consumir un PA o un PB ya que la recompensa de realizarlo no es igual. Burns y colaboradores (1989) reportan que los parches bajos poseen un mayor valor nutritivo, si bien los datos del presente trabajo coinciden de que al aumentar la masa y altura (PB vs PA) disminuye el valor nutritivo del forraje (dado por el aumento en la concentración de fibra), este efecto no es lineal ni constante a través de las estaciones anuales. Do Carmo (sp.) reporta que esta covariación podría ser negativa hacia otoño, neutra en invierno o positiva hacia primavera. Frente a estos escenarios el animal debe trabajar para poder resolver estas variaciones y poder cubrir sus requerimientos en función al estado fisiológico que este transitando, por esta razón la selectividad emerge como un proceso central para poder resolver este escenario anteriormente explicado.

La hipótesis planteada sobre que los PB serían preferidos durante todo el año en ambas OF y genotipos se cumplió, pero el uso del PA vario a través de las estaciones. Los PB se encuentran asociados a grupos de especies con mayor área foliar específica y menor resistencia a la tensión del corte, lo que determina una ventaja para su consumo en comparación con los PA (Caram, 2019) y lo hace ser preferido durante las estaciones (Dumont et al. 2007; Bremm et al. 2012; Bremm et al. 2016; Caram, 2019). Cuando se aumentó la OF la selección hacia los PB disminuyó asociado a una disminución de la cobertura de los PB, coincidiendo con Dumont et al (2002) y Bremm et al. (2016). En este sentido el nivel de consumo del PA dependerá de la proporción del PB y su accesibilidad (Dumont et al. 1995, Bremm et al. 2012, Bremm et al. 2016).

En la misma línea que Dumont et al. (1995) observamos que la altura del estrato bajo afecta la selectividad del estrato alto, según este antecedente cuando la altura del estrato bajo disminuye el estrato alto comienza a ser utilizado. En invierno, la altura de forraje disminuyó como también lo hizo la OF (razones de conducción del experimento) para ambos tratamientos lo que determinó que el PA comenzara a ser utilizado en la misma proporción que lo ofrecido, por lo tanto disminuyó la preferencia por el PB. Los PA en estas situaciones comienzan a ser una ventaja en términos de cantidad (Ougura et al. 2002; Dumont et al., 1995) y la probabilidad de ser consumidos se encuentra relacionado a la cantidad de materia seca de las especies presentes. Al

disminuir la OF las vacas comienzan a utilizar la heterogeneidad, aumenta el índice de selectividad por la *Nessela charruana* (componente principal de los PA) y todos los demás grupos de especies comienzan a ser utilizados en la misma proporción que lo ofrecido (Caram, 2019). Coincidiendo con lo observado en el presente trabajo para los PA, pero explicado a través del comportamiento animal a nivel de bocado.

En cuanto a lo que fue la calidad de la dieta cosechada por parte de los animales, el genotipo y las características de la estructura del forraje que variaron según la estación del año jugaron un papel fundamental en la selectividad por parte de la PC. En verano, la AOF presentó un escenario donde las vacas pudieron cosechar una dieta de mejor calidad, seleccionando a favor de la PC cosechando más que lo ofrecido, debido a la mayor altura de los PB. A su vez, las vacas PU también cosecharon una dieta de mejor calidad en términos de PC, posiblemente asociado a sus características internas como lo son los requerimientos de energía, coincidiendo con lo reportado por Wallies De Vries (1994) y Casal, 2016. En otoño e invierno, las vacas CR lograron cosechar una dieta de mejor calidad. Dado por una menor tasa de mantenimiento (Casal, 2019), lo que se esperaría que cosecharan una dieta de menor calidad de forraje, lo cual no sucedió. Demostrando la plasticidad de las vacas CR frente a diferentes escenarios de forraje, pudiendo ser relacionado a un comportamiento ingestivo a nivel de EA diferencial a las vacas PU, lo cual les permitió explorar el forraje de diferente manera y poder seleccionar especies presentes de mejor calidad.

La selectividad es un proceso que emerge fuertemente en los sistemas donde la principal fuente de alimento es el forraje, a través del mismo el animal busca resolver la covariación entre la cantidad y calidad de forraje ofrecido entre las estaciones. La fuerte presión de selección del PB a través de las estaciones del año es un dato relevante, ya que allí es donde el animal puede trabajar para cosechar una dieta de mejor calidad que la ofrecida, ya que los PA son evitados pudiendo ser usados en situaciones donde las características del PB son limitantes para lograr un consumo de forraje que cubra los requerimientos energéticos. La dinámica en sistemas pastoriles del uso de los diferentes parches de vegetación y la selectividad por diferentes nutrientes posee varias aristas que afectan el proceso, como lo es la estructura de

forraje y los requerimientos animales, donde el comportamiento ingestivo es el resultado visible que surge de todas las decisiones que toma el animal.

5. Conclusiones

El uso de la OF estacional tuvo efecto sobre la heterogeneidad del forraje, siendo esta expresada a través de la cobertura de los diferentes parches de vegetación (altos y bajos) y sus características físicas (altura, masa) y químicas (FDA, PC). Las AOF promueven escenarios más heterogéneos, con mayores coberturas de PA de mayor altura.

La selectividad de la dieta cosechada fue afectada por el genotipo y la estructura del forraje, variando según la estación del año donde se observó. La magnitud de la diferencia entre lo ofrecido y lo seleccionado fue diferente entre las OF y genotipos en verano y otoño, en invierno la AOF-CR logro cosechar una dieta de mayor contenido de PC que lo ofrecido destacando la plasticidad que presentan las vacas CR en poder seleccionar forraje de mejor calidad.

Más del 90% de los bocados fue realizado en los PB, indicando una fuerte preferencia por los mismos, siendo estable a través de todas las estaciones. Esto podría determinar que las vacas de cría, a través de modificaciones en su comportamiento ingestivo como lo es la EA se exponen a una menor OF que la ofrecida ya que al asignarle una determinada masa los PA son considerados, pero los mismos no fueron utilizados en ninguna estación.

A pesar de las restricciones que podría llegar a generar la cobertura de los PA, las vacas explotan el PB para obtener mejoras en la ingestión, la EA fue la variable de comportamiento ingestivo que reflejó como los tratamientos se adaptaron a las diferentes estructuras de forraje para lograr evitar el PA y concentrar su consumo en el PB.

6. Herbage allowance and genotype influence cow selectivity, affecting forage utilization and grazing behavior seasonally

Resumen

El presente estudio investiga cómo la asignación de forraje (OF), genotipo (G) y la estación (E) influyen sobre la estructura del forraje, selectividad por parche y comportamiento ingestivo. La manipulación de la OF afecta la masa, masa de forraje verde y altura, con valores más altos en alta oferta (AOF) en comparación con baja oferta (BOF), particularmente en verano, cuando el forraje disminuye. La covariación cantidad-calidad se estudió para proteína cruda (PC) y fibra detergente ácida (FDA). Las vacas cruza (CR) tuvieron mayor cantidad de bocados/estación de alimentación debido a un aumento en las EA/min y una tasa de bocado (TB) similar. La estación tuvo efecto sobre las EA/min, TB y bocados por parche bajo, todas disminuyendo para invierno. La selectividad por parches varió según la estación: los parches altos se evitaron en verano, otoño y primavera, mientras que la selectividad por parches bajos aumentó en invierno. El peso vivo (PV) y condición corporal (CC) también tuvieron cambios según la estación. Los resultados resaltan la complejidad de las interacciones planta-animal y los cambios estacionales, cómo el manejo de la OF afecta la estructura, el comportamiento ingestivo y la cantidad/calidad durante las estaciones anuales.

Palabras clave: selectividad, estructura de forraje, genotipo, campo natural, comportamiento ingestivo.

Summary

This study investigates how herbage allowance (HA), genotype (GG) and season (S) influence forage structure, selectivity and grazing behavior. The FA manipulation affects forage mass, green forage mass and height, with higher values in high HA compared to low HA, particularly in summer, when forage mass decreases. The quantity-quality trade-off in forage was observed in crude protein (CP) and acid detergent fiber (ADF). Crossbred (CR) cows showed more bites per feeding station (FS) due to an increase in FS with a similar bite rate (BR). Season had an effect on FS/min, BR and bites in low patches, all decreasing in winter. Selectivity for patches

changed with the season: high patches were avoided in summer, autumn and spring, while low patch selectivity increased. Live weight and body condition score were also influenced by season. The results highlight the complexity of plant-animal interactions and seasonal changes, showing how HA management affects forage structure, ingestive behavior and the quantity-quality trade-off throughout the year.

Key words: selectivity, forage structure, genotype, grassland, grazing behavior.

Resumo

O presente estudo investiga como a alocação de forragem (AF), o genótipo (G) e a estação do ano (E) influenciam a estrutura da forragem, a seletividade da mancha e o comportamento ingestivo. A manipulação da AF afeta a massa, a massa de forragem verde e a altura, com valores maiores na alta oferta (AOF) em relação à baixa oferta (BOF), principalmente no verão, quando a forragem diminui. A covariação quantidade-qualidade foi estudada para proteína bruta (PB) e fibra em detergente ácido (FDA). Vacas mestiças (CR) tiveram maior número de bocados/posto de alimentação devido ao aumento da EA/min e taxa de bocados (TB) semelhante. A estação teve efeito na EA/min, TB e picadas por mancha baixa, todos diminuindo no inverno. A seletividade para manchas variou de acordo com a estação, as manchas altas foram evitadas no verão, outono e primavera, enquanto a seletividade para manchas baixas aumentou no inverno. O peso vivo (PV) e a condição corporal (CC) também variaram de acordo com a estação do ano. Os resultados destacam a complexidade das interações planta-animal e das mudanças sazonais, mostrando como o manejo dos AF afeta a estrutura, o comportamento ingestivo e a quantidade-qualidade durante as estações anuais.

Palavras-chave: seletividade, estrutura forrageira, genótipo, campo natural, comportamento ingestivo.

6.1. Introduction

The Campos ecosystem supports beef cattle farming in the Río de la Plata region, particularly cow-calf production. It consists of grasslands dominated by C4 and C3

species⁽¹⁾, where forage production fluctuates due to seasonal climatic conditions both within and between years⁽²⁾⁽³⁾. Combined with soil variability, this results in a high degree of heterogeneity in forage distribution across vertical and horizontal planes⁽⁴⁾. The productivity of breeding systems is influenced by genetic factors⁽⁵⁾⁽⁶⁾ and their interaction with the environment⁽⁷⁾. As a long-term and inefficient forage utilization process, these systems are located in natural grassland ecosystems⁽³⁾. In these contexts, forage selectivity plays a central role in energy intake, helping animals adapt to variations in forage quantity and quality over time and space.

The use of forage allowance as a tool to control production-consumption processes and improve forage use efficiency has yielded positive results in cow-calf farming in Uruguay. Increasing forage allowance from 3 to 5 kgDM/kgLW resulted in an 80% increase in forage mass (910 to 1650 kgDM/ha), a 57% increase in height (3.5 to 5.5 cm) and improved body condition of the herd due to higher energy intake (+4%)⁽⁶⁾. When crossbred genotypes (Hereford × Aberdeen Angus) are used, the system's biological efficiency improves, reducing forage intake during gestation without impacting body condition or live weight⁽⁸⁾. This adaptive capacity of crossbred cows could be attributed to lower maintenance energy requirements⁽⁹⁾ or to variations in ingestive behavior, increasing their selectivity by choosing more feeding stations without changes in bite rate⁽¹⁰⁾.

Several studies have reported the effect of forage allowance on productive and reproductive variables as well as ingestive behavior⁽⁶⁾⁽⁸⁾⁽¹¹⁾⁽⁷⁾. However, this indicator only refers to the amount of available forage without describing its distribution across time and space⁽¹²⁾. At the paddock level, the structure can exhibit a mosaic pattern composed of tall and short patches that coexist continuously with varying defoliation intensities⁽¹³⁾, where animals create and maintain these patterns through selective grazing⁽¹⁴⁾.

Increases in forage allowance are associated with a higher percentage of tall patches (4, 8, 12 and 16 kgDM/100kgLW; 0.8%, 19%, 26.4% and 36.3% of tall patches, respectively), increasing within-paddock variability and heterogeneity⁽¹⁵⁾⁽⁴⁾⁽¹⁶⁾. At high forage allowances (16 kgDM/100 kgLW), species diversity increases, but the rise in tall patches negatively affects forage quality at the paddock level. As a result,

animals consume these lower-quality tall patches due to the reduced availability of better-quality short patches, which limits accessibility and encounter rates ^{(17) (18) (19)}. In these scenarios, the tendency to select tall patches increases linearly as fiber content in the diet rises. Short patches are selected until the diet reaches 71% fiber content ⁽¹⁹⁾. However, when short patch availability is low, as in 16 kgDM/100kgLW forage allowance, heifers struggle to express selectivity for them, leading to increased consumption of tall patches. Under these conditions, tall patches become advantageous in terms of quantity ^{(20) (21)} and their probability of being consumed is related to the dry matter content of the present species ⁽²²⁾.

This behavior emerges from ingestive patterns that operate across multiple spatiotemporal scales, becoming evident at the feeding station level and even more pronounced at the bite level ^{(23) (24) (25) (26)}, which impacts diet digestibility ^{(27) (28)}. As forage mass decreases, the number of feeding stations increases, leading to reduced selectivity within each station, fewer bites per feeding station and shorter residence time. This indicates a shift in priority towards forage quantity ^{(29) (15) (30)}.

Selectivity can take different dimensions and directions, including changes in the chemical composition of the diet, the number of feeding stations, residence time per station, or bite-level adjustments. A better understanding of the mechanisms governing selectivity in patches within heterogeneous grasslands is essential for developing new management strategies that improve grazing distribution across scales, from bite to site level ⁽²⁶⁾. The objective of this study was to evaluate the selectivity of tall and short patches by cow-calf pairs under different forage allowances throughout the production cycle of purebred and crossbred cows grazing natural grasslands. We posed the following questions: Does controlling forage allowance variability across seasons modify selectivity and the use of tall and short patches throughout the production cycle? If so, does the genotype of cow-calf pairs influence the extent to which they select different patch types? Finally, how do cows adjust their ingestive behavior at the feeding station and bite levels to modify their selectivity?

6.2. Materials and methods

6.2.1. Experimental site, design and treatments

The study was conducted out on 48 ha of Campos grassland at Facultad de Agronomía (EEFAS), Universidad de la República, Uruguay (32°35'S, 54°15'W) over one year, during four periods: 18th-21st January (summer), 18th-21st April (autumn), 17th-20th July (winter) and 16th-19st October (spring) 2021. The climate type is classified as Cfa, with an average annual rainfall of 1200 mm approximately, according to Köppen ⁽³¹⁾. The historical average monthly rain ⁽³²⁾ for the period was 90, 155, 116 and 134 mm, and during 2021 it was 128, 120, 85 and 266 mm in summer, autumn, winter and spring, respectively.

The experimental design was a randomized complete block with 2 x 2 factorial combination of herbage allowance (high and low, HHA and LHA) and cow genotype (cross and pure breed, CR and PU), totaling four paddocks. The area of HHA paddocks was 14 ha and, for LHA, it was 10 ha. The HA was defined as the relation between herbage mass and live weight (kg DM/kg LW; ³³), which varied with season according to previous research ⁽⁶⁾. The target levels of HHA and LHA was 10 and 6 kgDM/kg LW during summer, autumn and spring, respectively, and 6 and 6 kgDM/kg LW for winter.

6.2.2. Animals

A continuous grazing system was used where the target of HA was adjusted monthly by varying the stocking rate through method of put and take ⁽³⁴⁾. Every month the cows were weighed and the herbage allowance were estimated by the comparative yield technique ⁽³⁵⁾ with the aim to adjust the stoking rate. Sixteen multiparous cows were used as fixed animals (four per paddock) throughout the experiment (four Aberdeen Angus, four Hereford, eight crossbreed Hereford x Aberdeen Angus). The calving season was concentrated in spring, cows maintained in the same treatments if they calved and became pregnant. The body weight, body condition score, real herbage allowance and days pre y post-partum per period is presented in Table 1.

Table 1. Mean (\pm SD) body weight (BW, kg/animal), body condition score (BCS \pm SD), real herbage allowance (RHA, kgDM/kgLW), pregnancy days (PD, days), post-partum days (DPP, days) for each treatment (HHA: high herbage allowance; LHA: low herbage allowance) and period (summer, autumn, winter and spring).

		HA	
		HHA	LHA
Summer	BW (kg/cow)	456.3 \pm 14.9	459.3 \pm 18.0
	BCS	4.4 \pm 0.2	4.5 \pm 0.3
	RHA	6.8	3.4
	PD (days)	30.6 \pm 10.2	44.25 \pm 5.7
Autumn	BW (kg/cow)	554.3 \pm 18.2	516.6 \pm 7.3
	BCS	5.4 \pm 0.3	5.0 \pm 0.2
	RHA	9.0	4.8
	PD (days)	148.5 \pm 10.4	153.6 \pm 11.6
Winter	BW (kg/cow)	593.6 \pm 17.3	543.0 \pm 8.8
	BCS	5.6 \pm 0.2	5.6 \pm 0.2
	RHA	5.5	5.9
	PD (days)	216.5 \pm 10	223.8 \pm 10
Spring	BW (kg/cow)	516.4 \pm 23.0	513.5 \pm 14.8
	BCS	4.8 \pm 0.2	5.3 \pm 0.3
	RHA	11.0	5,1
	DPP (days)	48.8 \pm 6.7	37.6 \pm 1.3

BW: body weight; BCS: body condition score; RHA: real forage allowance; PD: pre-partum days; DPP: post-partum days; HA: herbage allowance; HHA: high herbage allowance; LHA: low herbage allowance.

6.2.3. Pasture attributes

Monthly, HM (kgDM/ha) and canopy height were measured in each paddock using the comparative yield method ⁽³⁵⁾. Five quadrants per plot (0.25 m²) were selected (from 1 as the lowest to 5 as greatest mass) to represent the range of herbage on the paddock. After being assigned, canopy height was measured (5 points) where

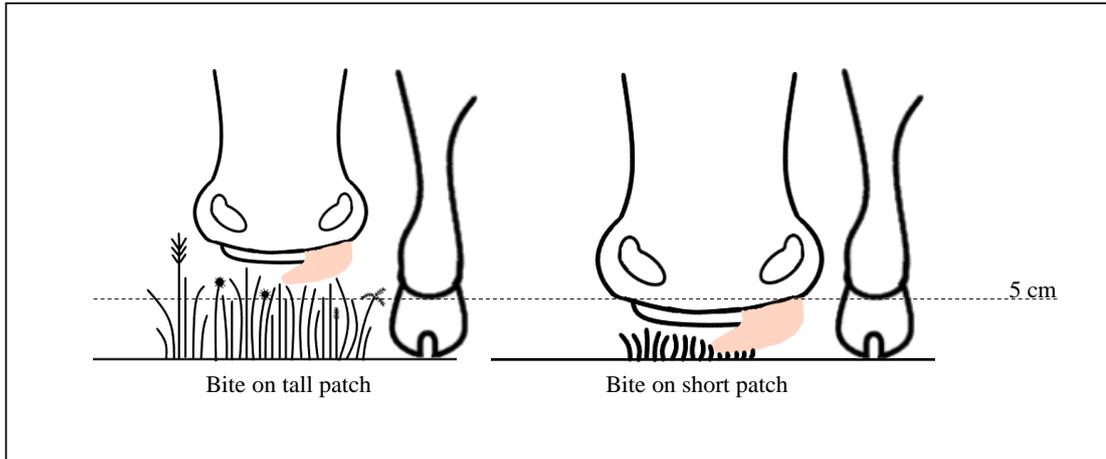
herbage become dense, ignoring tall stalks ⁽³⁶⁾, and then quadrants were harvested at ground level and dried in air forced oven at 60°C until constant weight, to determine herbage mass. At each paddock at least 150 measurements were made on each sampling event ⁽³⁷⁾.

The definition of tall and short patches was based on the height where the animal made the bite, taking the front hoof as reference. The proportion of bites from different patches in the diet was defined as follows: if the animal took a bite from a surface below the crown of the hoof (5 cm), it was a bite from a short patch; if it was from a patch taller than 5 cm, it was a tall patch (figure 1).

6.2.4. Animal behavior

The animal behavior was measured for two consecutive days, on each period, in the morning session (first hours of light) and in the afternoon session (last hours of light). Four persons were trained to film the four fixed cows, they were filmed with audiovisual equipment (Sony DSC H300) for at least 45 minutes (270 minutes/day/plot) when the cow was effectively grazing, focusing on the side with zoom on the head and front legs (16 cows, 90 minutes/cow). The information from each audiovisual device was downloaded and analyzed through visual appreciation to measure bite rate (bites/minute), feeding stations (No./minute), bites/feeding station and bites on short and tall patch (No./minute). The bite from a short patch was defined as the moment when the cow grazes with her muzzle against the hoof, the bites from tall patches were those made with the muzzle above the ground (figure 1). Forage samples were collected to quantify the quality of the patches; we used the handclipping technique ⁽³⁸⁾. To perform the handclipping we simulated bites by hand plucking on short and tall patches from three different areas in the paddock (bottom, toe slope and shoulder slope). The forages samples were dried (60°C for 48 h), milled using a 1-mm mesh, identified and analyzed for FDA (Fiber Analyzer 200, Ankom Technology Corporation, Fairport, NY; Van Soest et al., 1991) and CP (Kjeldahl N percentage × 6.25, AOAC International, 2005).

Figure 1. Type of bites



6.2.5. Selectivity

Index selectivity's were calculated to measure the selectivity between tall and short patches, defined as the proportion of patch type in the diet relative to its proportion at paddock level. Jacob's modification of Ivlev selectivity index (1974) was estimated as:

$$S_i = (c_i - a_i) / (c_i + a_i - 2 * c_i * a_i)$$

where a_i is the proportion (0-1) of the patch in the paddock and c_i is the proportion (0-1) of the patch in the diet. To estimate a_i we used the data collected through the frequency of quadrants; and for c_i we used the data from the films proportion of bites on tall and short patches as a function of total bites. The values of S_i vary from -1 (never used) to +1 (exclusively used), the negative and positive values indicate avoidance and preference: if the S_i is 0, it indicates that the patch is used in proportion to its availability.

6.2.6. Covariation forage mass with quality

Based on the data from the scales (1-5) used to estimate forage mass and height at the paddock level, along with the chemical analysis data of these scales, a linear relationship was established using mass and mass² as variables to determine whether they were significant for estimating ADF and CP. Depending on the significance

($P > 0.05$) of these variables, it was decided whether or not to include them in the regression.

For the comparison between seasons, the slopes of the linear regressions were analyzed. A P-value of 0.05 was used to determine whether the differences were statistically significant.

6.2.7. Statical analyses

The energy concentration of the patches was estimated using the Minson (1984) formula:

$$M/D \text{ (MJ of EM)} = 16.654 - 0.024 * FDA \text{ (g/kgDM)}.$$

The data was analyzed with pasture as experimental unit for the forage variables, and the animal as the experimental unit for ingestive behavior and selectivity index. Forage mass, height, green forage mass, patch coverage percentage, %ADF and MJ/EM of patches were analyzed using the MIXED process (SAS OnDemand for Academics). The model included forage allowance, cow genotype, season and their interactions as fixed effects and random effect as the block. For ingestive behavior and selectivity index, the cow was considerate as experimental unit. The model included forage allowance, cow genotype, season, session and their interactions as fixed effects. Kenward-Rogers procedure was used to adjust the denominator degrees of freedom. The effect of cow genotype was removed from the model of pasture characteristics because it was not significant ($p > 0.05$). Tukey-Kramer tests were performed for mean separation.

6.3. Results

6.3.1. Forage structure

At paddock level, the FM, height and GFM was greater on HHA vs. LHA ($p < 0.001$). Lower values of FM and GFM occurred in summer. In relation to height, there were no different between seasons ($p = 0.223$). At the patch level, the HA affected the proportion of cover within the LP and HP, and the height, GFM, %ADF and EC

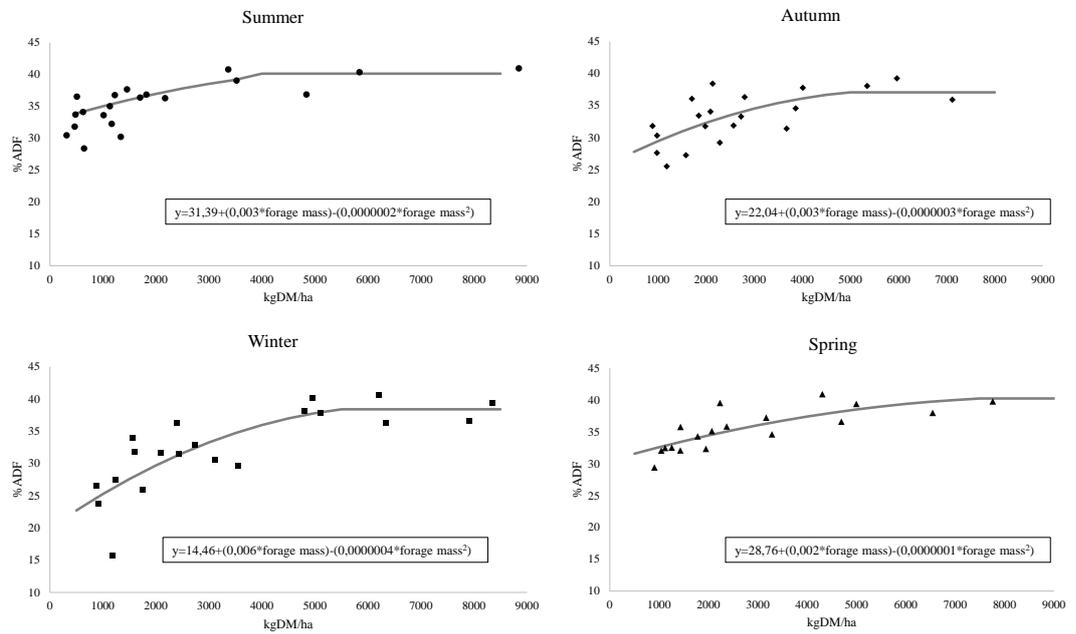
for HP. The HHA had significant lower proportion of LP, the lower proportion of LP was substituted for HP, which had greater height, GFM, %ADF and lower EC compared with LHA. The interaction HA*S was not significant for any effect ($p>0.05$).

Table 2. Effect of herbage allowance and season on variables of forage at paddock and patch level.

	HA		S				se	Probability values	
	LHA	HHA	S	A	W	S		HA	S
Paddock Level									
Proportion cover	1416.8 ^b	2213.5 ^a	1081.2 ^b	2104.9 ^a	1795.6 ^a	2278.9 ^a	272.7	<0.001	<0.05
Height	3.7 ^b	5.7 ^a	4.4	5.08	4.18	5.33	0.6	<0.001	-
GFM	873.2 ^b	1416.6 ^a	657.8 ^b	1298.5 ^a	1183.1 ^a	1440.5 ^a	179.6	<0.001	<0.001
EC	9.6	8.8	9.1	9.0	9.2	9.5	0.2	-	-
Patch Level - LP									
Proportion cover	88.1 ^a	83.6 ^b	84.3	86.38	85.53	87.06	2125.0	<0.05	-
Height	2.8 ^b	3.0 ^a	2.7	3.28	2.61	3.12	0.1	<0.05	<0.001
GFM	911.5 ^b	1357.7 ^a	654.3 ^b	1314.0 ^a	1198.1 ^a	1313.5 ^a	73.4	<0.001	<0.001
%ADF	29	31.7	30.8	31.11	30.2	29.03	0.8	-	-
%CP	9.1	9.3	6.3 ^c	9.3 ^b	9.4 ^b	11.8 ^a	0.1	-	<0.001
EC	9.7	9.1	9.2	9.1	9.4	9.6	0.1	-	-
Patch Level - HP									
Proportion cover	3.4 ^b	7.7 ^a	4.5	6.6	5.4	5.37	1.8	<0.05	-
Height	8.5 ^b	11.0 ^a	8.07	10.67	9.9	10.3	1.0	<0.05	-
GFM	1645.6 ^b	2880.2 ^a	1470.6 ^c	2418.5 ^{ab}	1978.6 ^b	2972.6 ^a	173.0	<0.001	<0.001
%ADF	36.4 ^b	39.1 ^a	38.64	37.97	37.5	37.18	0.6	<0.05	-
%CP	7.6	7.9	4.6 ^d	7.8 ^c	8.3 ^b	10.3 ^a	0.2	-	<0.001
EC	7.9 ^a	7.2 ^b	7.3	7.5	7.6	7.7	0.1	<0.05	-

Different letters following means in rows indicate statistical significance at $p<0.05$. References: LHA: low herbage allowance; HHA: high herbage allowance; Su: summer; A: autumn; W: winter; Sp: spring; se: standard error; FM: forage mass; GFM: green forage mass; %ADF: percentage of ADF; EC: energy concentration MJ of ME.

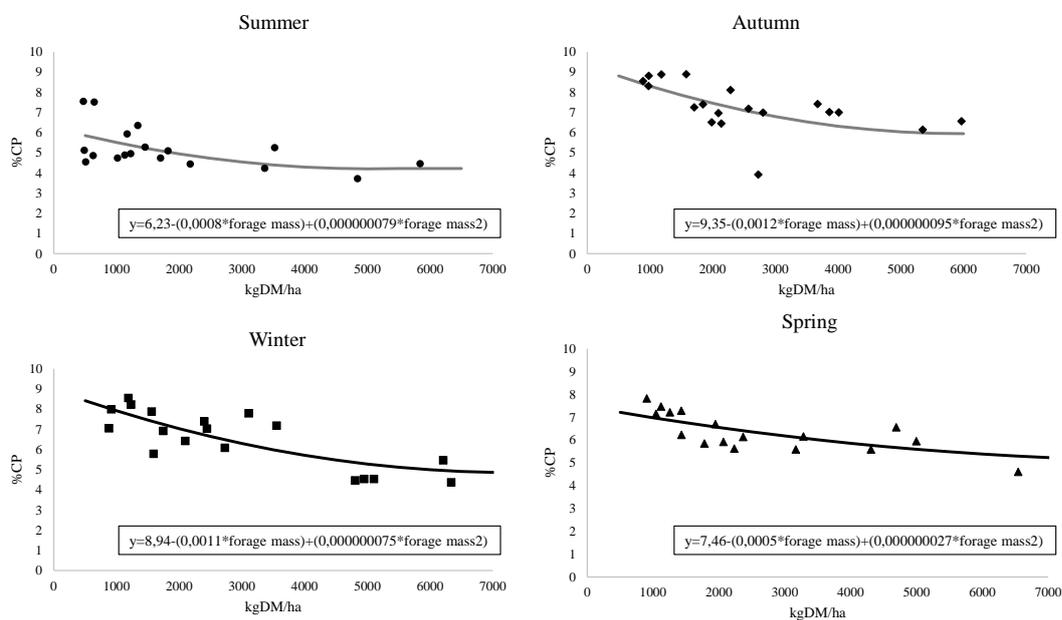
Figure 2. Relationship between %ADF and forage mass within the period.



References: %ADF: percentage of ADF; kgDM/ha_ kg of dry matter per ha.

The effect of S was significant ($p=0.0016$); Sp was similar to Su and A ($p>0.05$), whilst W was different from Sp and Su ($p<0.05$); A and Su were different ($p=0.013$). The intercept, forage mass and foragemass² were significant for each season ($p<0.05$).

Figure 3. Relationship between %CP and forage mass between seasons.



References: %CP: percentage of crude protein; kgDM/ha: kg of dry matter per ha.

The effect of S was significant ($p=0.0001$), W was similar to Sp ($p=0.3339$), whilst Su, Au and Sp was different from each other ($p<0.05$). The intercept, forage mass and forage mass² were significant for each S ($p<0.05$).

6.3.2. Animal BW and BCS

The BW and BCS were affected by the S ($p<0.001$). During W, the BW and BCS were greater than in the other S, with the lowest in Su. The energy requirements (Mcal/NE) were affected by the S ($p<0.001$). In A, they were the lowest in comparison with Su, W and Sp (9.3 vs. 11,1; 11,5 and 12.2, respectively).

Table 3. Effect of herbage allowance (HA), genotype (G) and season (S) over body weight (BW) and body condition score (BCS).

	HA		G		S			Probability values				
	LHA	HHA	PU	CR	Su	A	W	Sp	se	HA	G	S
BW	514.2	518.5	511.3	521.41	450.5c	531b	565.1a	518.9b	14.9	-	-	<0.001
BCS	5	4.9	4.9	5	4.3c	5.1b	5.4a	5b	0.16	-	-	<0.001

Different letters following means in rows indicate statistical significance at $p<0.05$.

6.3.3. Animal behavior

The interaction of HA*G was significant for FS/min and bites/FS, while the interaction of HA*M was significant for BR. Between the fixed effects tested, only HA*M and HA*G had a significant effect on FS/min, BR and B/FS, respectively. The HHA-PM had a lower BR than the other sessions (P=0.01).

The HA affected the bites or total bites on LP, the HHA had less FS/min and bites in short patches (p<0.001), the LHA-CR had the greater FS/min (p<0.005). As the result of more FS/min (P<0.05) and same BR (P=0.25) within the genotypes, the CR cows had greater B/FS, where the LHA-CR had less B/FS (P<0.01). The BR was greater at PM session on HHA (P<0.05). The season of the year affected FS/min, BR and bites on LP; all the variables were lower in comparison with the other seasons (P<0.05).

Table 4. Effect of herbage allowance (LHA and HHA), genotype (PU vs. CR), moment of the day (AM vs. PM) and season (Su, A, W and Sp) on feeding stations per minute (FS/min); bite rate (BR); bites per feeding station (B/FS); proportion of bites on short patches (SP) and tall patches (TP).

	HA		G		M		S				Probability values						
	LHA	HHA	PU	CR	AM	PM	Su	A	W	Sp	se	HA	G	S	M	HA*M	HA*G
FS/min	7.9 ^a	6.6 ^b	6.84 ^b	7.74 ^a	7.09	7.3	8.3 ^a	7.17 ^{ab}	6.34 ^b	7.42 ^a	0.4	<0.0001	<0.005	0.05	-	-	<0.001
BR	52.82	49.61	51.88	50.55	49.8 ^b	52.1 ^a	51.6 ^{ab}	53.31 ^a	48.72 ^b	51.24 ^{ab}	1.2	-	-	<0.001	<0.05	<0.05	-
B/FS	7.43	8.31	8.5 ^a	7.3 ^b	7.23	7.46	6.75	8.24	8.67	7.86	0.4	-	<0.05	-	-	-	<0.01

Different letters following means in rows indicate statistical significance at P<0.05.

6.3.4. Selectivity indexes

The HA and S had effect on the selectivity for HP and LP. On HHA, the LP was preferred more (p<0.0001) than on LHA. During the season, the HP was avoided on Su, A and Sp while the preference for LP increased, on W the HP was used on the same proportion of availability while the preference for LP decrease (p<0.0001 and p<0.0001, respectively).

Table 5. Effect of herbage allowance (LHA and HHA), genotype (PU vs. CR) and season (Su, A, W and Sp) on selectivity indexes of HP (SiTP) and LP (SiSP).

	HA		G			S			Probability values			
	LHA	HHA	PU	CR	Su	A	W	Sp	se	HA	G	S
SiTP	-0.44b	-0.81a	-0.64	-0.61	-0.75b	-0.91b	-0.01a	-0.82b	0.1	<0.001	-	<0.001
SiLP	0.42b	0.78a	0.59	0.61	0.86a	0.9a	-0.07b	0.59a	0.1	<0.001	-	<0.001

Different letters following means in rows indicate statistical significance at $p < 0.05$. References: SiTP: selectivity index for tall patch; SiSP: selectivity index for short patch.

6.4. Discussion

6.4.1. Performance and ingestive behavior

During the experimental period, body condition score (BCS) showed no significant differences between herbage allowance (HA), and body weight (BW) only tended to be higher in favor of PU cows. The BCS was high in both treatments compared to previous experiments, where changes in OF from 2.5 to 4 kg DM/ha led to increases in BCS, with cows in HHA having a higher BCS than in LHA ⁽⁶⁾. In this case, the experimental conditions may have promoted similar energy intake despite different HA levels.

At the bite scale, no differences were found in bite rate (BR; bites/min), indicating that HA at this scale did not influence ingestion. When bite weights are higher, the number of necessary chews increases and BR decreases. However, this did not occur as HA increased, suggesting that greater forage availability, leading to increased height, could benefit the harvest of larger bites.

At a broader scale, the effect of HA on feeding stations per minute (FS/min) was significant, being negatively correlated with bites per FS and leading to reduced grazing time. This may indicate that as forage mass increased, cows focused on harvesting heavier bites rather than increasing BR, aligning with findings by ⁽³⁰⁾ and Do Carmo (sp.). In LHA, consumption behavior likely involved selection among feeding stations rather than selecting the best bites, moving up in spatial scale to compensate for lower forage mass and time constraints, as also reported by Do Carmo (sp.).

Ingestive behavior at the feeding station level reflects feeding conditions, with forage availability positively related to the time spent per feeding station ⁽³⁹⁾. In this

study, a decrease in FS/min was linked to greater pasture height and coverage, a scenario observed in HHA (table 2), consistent with previous research on campos grasslands. Increases from 4 to 16 cm in forage height led to a decrease in EA/min (13.7 to 8.7 EA/min, $P < 0.0001$), an increase in bites per EA (4.8 to 7.2 bites/EA; $p = 0.0182$), and longer time spent per EA (4.3 to 6.9 sec/EA; $p = 0.006$; 30, 15). Under limiting intake conditions, animals tend to visit more EAs, take fewer bites, and spend less time at each EA.

Increasing HA from 4 to 8 kg DM/kg BW (associated with 4 and 12 cm forage height) reduced EA frequency during lactation (summer: 4.1 and 3.41 EA/min, respectively; $p = 0.004$) and early gestation (autumn: 5.4 and 4 EA/min; $p = 0.004$,⁽²⁹⁾). Both treatments had similar grazing times, suggesting that LHA cows optimized their time by switching EAs more quickly, whereas HHA cows could increase selectivity within EAs, staying longer in each one. This observation aligns with the present study's findings.

CR cows showed higher FS/min and lower B/FS, indicating different ingestive behavior mechanisms at the EA level. Since no differences were found in BCS, it can be inferred that despite having different consumption strategies, both breeds achieved optimal intake for animal performance. When tall patches are small and scattered, selectivity at the EA level is affected as animals avoid less profitable patches⁽²⁵⁾. CR cows likely increased FS/min to avoid them. A higher FS/min rate may have led CR cows to encounter tall strata more frequently (higher quantity, lower quality), aligning with⁽⁴⁰⁾, who observed that frequent encounters with lower digestibility EAs increased FS/min and decreased B/FS.

Forage characteristics—availability, height, and digestibility—affect ingestive behavior (EA, bites) once animals have positioned themselves in a preferred site. Greater heights and digestibility correlate positively with bites per EA, reducing EA/min ($r = -0.838$, $P < 0.001$; ⁴⁰). In response to different structures, animals alter their consumption dynamics, movement patterns and EA use⁽⁴⁾.

6.4.2. Forage structure and selectivity index

Consistent with studies on campos grasslands, increasing HA from 6 to 10 kg DM/kg BW positively and significantly impacted forage height, mass and green mass forage (GFM) at the plot level. Forage mass increased by 36% (2213.6 vs. 1416.8 kg DM/ha; AOF vs. BOF) and height by 35% (5.75 vs. 3.76 cm; HHAF vs. LHA). Though lower than in previous studies, this aligns with ⁽⁶⁾, who reported more pronounced increases (80% and 57% in mass and height, respectively) when raising HA from 3 to 5 kg DM/ha.

GFM's seasonal behavior is associated with experimental design and botanical composition. Winter's low forage mass is explained by reduced HA (determined by experimental design; ⁶) and dominance of summer C4 species ⁽²⁾. The lack of significant differences between autumn and spring (seasons with higher HA) may be due to early winter timing when the impact of lower HA had not yet manifested.

Using forage mass (kg DM/ha) and height (cm) as control variables has limitations since identical mass can have different spatial distributions ⁽⁴⁾ and nutritional values ⁽²⁸⁾. The effect on animals depends on their ability to select higher-quality forage, expressed through ingestive behavior mechanisms that drive selectivity.

Studies on campos ecosystems confirm that rise of HA increases the proportion of tall patches (PA) (4, 8, 12 and 16 kg DM/100 kg BW; 0.8, 19, 26.4, 36.3% PA, respectively), enhancing within-plot heterogeneity ^{(16) (17) (18) (39) (15)}. Increasing HA from 4 to 7 kg DM/kg BW raised HP coverage by 4% due to higher frequency of sites with greater height and mass ^{(41) (29) (8)}.

HP characteristics vary seasonally. Using 8 kg DM/kg BW and 5 kg DM/kg BW (HHA and LHA), reported that patch types evolved through the seasons, from two in autumn to four in spring due to the regrowth of summer species and senescence of winter species ⁽⁴²⁾.

Patches are dynamic, differing in quantity and quality. Tall patches are more competitive, with higher biomass, height and functional group diversity ⁽²²⁾, but their high dead material and fiber content make them energetically less profitable. In HHA,

tall patches had half the energy concentration of LHA (0.66 vs. 1.02 MJ ME/cm, respectively), with minimal variation in low patches (3.02 vs. 3.05 MJ ME/cm; HHA vs. LHA). As HA increased, HP lost energy concentration due to increased height (8.51 vs. 10.98 cm; BOF vs. AOF) and higher ADF content (39.16 vs. 36.46%; LHA vs. HHA).

Winter selectivity declines, forcing animals to use tall patches, influenced by time and space limitations ⁽¹⁸⁾. The selection index for tall patches was negative, unaffected by HP proportion, similar to ⁽¹⁹⁾. However, results showed HA influenced this relationship, where that patch size and spacing impact intake rates ⁽¹⁸⁾. An HP coverage above 34% reduced intake rate (g DM min⁻¹ kg LW^{-0.75}) due to increased bites in tall patches and reduced access to low patches ⁽¹⁹⁾.

In this study, higher HP coverage correlated negatively with EA, when tall patches are small and scattered, selectivity is compromised as finding feeding stations to avoid them becomes more challenging ⁽²⁵⁾.

The selectivity index for the high stratum was positively affected by the energy concentration of the high patch and the coverage of the low patch. There was an increase in the selectivity of the high patch when its energy concentration was higher (reduction in %ADF) and the coverage of the low patch was greater (reduction in high patch coverage). This consumption would be oriented toward increasing the amount of forage harvested rather than improving quality ⁽²²⁾, as high patches are more competitive in terms of biomass and functional groups.

Through seasonal management of herbage allowance (HA) with different target levels, forage utilization is modified, favoring or restricting selectivity by manipulating availability per animal, determining different patch utilization strategies between seasons in a non-random manner ⁽⁴¹⁾ ⁽⁴⁰⁾. In agreement with these authors, a stage of forage structure generation was observed, where the high patch was highly avoided (summer, autumn and spring), followed by a stage of consumption of this forage structure (winter). This confirms that seasonal HA management promotes changes in the selectivity of different pasture components ⁽²²⁾ ⁽⁴²⁾. However, animals, through changes at the feeding station (FS) and bite level, could be exposed to a different forage availability than what is offered. When forage availability is measured,

high patches are included in the calculation; however, these are not frequently used under various conditions.

6.5. Conclusions

The HA affected forage structure as well as the effect of season. As the HA increased, there was an increase in the mass, height and coverage of HP. A stage of HP generation was identified as summer and autumn, and another stage of HB utilization was between winter and spring. Selectivity for HP was influenced by forage structure and the quantity-quality covariation present in the seasons.

Cows in the HHA treatment showed greater selectivity at the FS level, remaining longer in each one, while those in the LHA treatment switched FS more quickly, indicating a behavior geared toward compensating for the lower amount of forage available. Cows tended to avoid HP, concentrating their intake on LP, as these were more profitable in terms of energy and forage quality. However, in winter, as the HA decreases, HP is consumed as a strategy to increase the quantity consumed.

CR cows showed different behavior at the FS level, increasing the change in each one, staying for less time, this being a possible strategy associated with increasing the explored area and modifying their forage consumption.

Acknowledgements

The authors thank Juan Manuel Garrido and Bruna Abib for their help with data collection in the project. Financial support was provided by ANII (Asociación Nacional de Investigación e Innovación) through the scholarship POS_FSA_2019_1_1010107.

Transparency of the data

Data not available: the data set that supports the results of this study is not publicly available.

6.6. References

- (1) Paruelo JM, Piñeiro G, Baldi G, Baeza S, Lezama F, Altesor A, Oesterheld M. Carbon stocks and fluxes in rangelands of the Río de la Plata Basin. *Rangeland Ecol Manage.* 2010;63(1):94-108. doi:10.2111/08-055.1.
- (2) Berretta EJ. Ecophysiology and management response of the subtropical grasslands of southern South America. In: *Proceedings of the 19th International Grassland Congress*; 2001. p. 939-46.
- (3) Soca P, Do Carmo M, Claramunt M. Beef cows breed system on native sward without agricultural financial assistance: research to sustainable calf production with low cost and easy instrumentation. *Avances en Producción Animal.* 2007;32:3-26.
- (4) Carvalho PC. Can grazing behaviour support innovations in grassland management? In: Michalk DL, Millar GD, Badgery WB, Broadfoot KM, editors. *Proceedings of the 22nd International Grassland Congress*; 2013; Sydney, Australia. p. 1134-48.
- (5) Jenkins TG, Ferrell CL. Productivity through weaning of nine breeds of cattle under varying feed availabilities: 1. Initial evaluation. *J Anim Sci.* 1994;72:2787-97.
- (6) Do Carmo M, Sollenberger LE, Carriquiry M, Soca P. Controlling herbage allowance and selection of cow genotype improve cow-calf productivity in Campos grassland. *Prof Anim Sci.* 2018;34:32-41. doi:10.15232/pas.2016-01600.
- (7) Carriquiry M, Espasandin AC, Astessiano AL, Casal A, Claramunt M, Do Carmo M, et al. Oferta de forraje del campo natural y resultado productivo de los sistemas de cría vacuna del Uruguay: II. Respuesta metabólica y potencial productivo del ternero. In: Quintans G, Scarsi A, editors. *Seminario de actualización técnica: cría vacuna.* INIA. Serie Técnica, 208; 2013. p. 97-118.
- (8) Do Carmo M, Genro T, Cibils A, Soca P. Herbage mass and allowance and animal genotype affect daily herbage intake, productivity, and efficiency of beef cows grazing native subtropical grassland. *J Anim Sci.* 2021;99(10):1-9.

- ⁽⁹⁾ Casal A, Astessiano A, Espasandin A, Trujillo AI, Soca P, Carriquiry M. Changes in body composition during winter gestation period in mature beef cows grazing different herbage allowance of native pastures. *Anim Prod Sci.* 2016;57:520-9. doi:10.1071/AN14984.
- ⁽¹⁰⁾ Soca P, Scarlato S, Do Carmo M. Foraging strategy of gestating beef cows grazing Campos grassland with changes in herbage allowance and cow genotype. In: *Proceedings of the 5th Grazing Livestock Nutrition Conference*; 2016; Park City, UT. American Society of Animal Science.
- ⁽¹¹⁾ Casal A, Astessiano A, Espasandin A, Trujillo AI, Soca P, Carriquiry M. Changes in body composition during winter gestation period in mature beef cows grazing different herbage allowance of native pastures. *Anim Prod Sci.* 2016;57(4):520-9. doi:10.1071/
- ⁽¹²⁾ Hodgson J. Grazing behavior and herbage intake. In: Frame J, editor. *19th Occasional Symposium. The British Grassland Society*; 1984. p. 51-64.
- ⁽¹³⁾ Laca EA. New approaches and tools for grazing management. *Rangel Ecol Manage.* 2009;62(5):407-17. doi:10.2111/08-104.1.
- ⁽¹⁴⁾ Tonn B, Raab C, Isselstein J. Sward patterns created by patch grazing are stable over more than a decade. *Grass Forage Sci.* 2018;74(1):104-14. doi:10.1111/gfs.12389.
- ⁽¹⁵⁾ Mezzalira JC, Bremm C, Trindade JKD, Gonda HL, Vieira PC, Carvalho PCDF. Ingestive behaviour from the feeding station to patch level in heterogeneous environments. *J Anim Sci Adv.* 2013;12:613-23.
- ⁽¹⁶⁾ Da Trindade JK, Pinto CE, Neves FP, Mezzalira JC, Bremm C, Genro TCM, et al. Forage allowance as a target of grazing management: implications on grazing time and forage searching. *Rangel Ecol Manage.* 2012;65:382-93.
- ⁽¹⁷⁾ Bremm C, Laca EA, Fonseca L, Mezzalira JC, Elejalde DAG, Gonda HL, et al. Foraging behaviour of beef heifers and ewes in natural grasslands with distinct proportions of tussocks. *Appl Anim Behav Sci.* 2012;141:108-16.
- ⁽¹⁸⁾ Bremm C, Carvalho PCF, Fonseca L, Amaral GA, Mezzalira JC, Perez NB. Diet switching by mammalian herbivores in response to exotic grass invasion. *PLoS ONE.* 2016;11(2):e0150167. doi:10.1371/journal.pone.0150167.

- (19) Azambuja JCR. Estratégias de forrageamento de bovinos em campo nativo: Identificando categorias funcionais de bocados e suas relações com atributos de ingestão de nutrientes. [tesis]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia; 2019. 104 p.
- (20) Ogura S, Sekino R, Hirata M. Foraging behavior of cattle in a Bahiagrass (*Paspalum notatum* Flüggé) pasture: Investigation at a feeding station scale. *Grassland Sci.* 2004;50(2):147-53.
- (21) Dumont B, Petit M, D'hour P. Choice of sheep and cattle between vegetative and reproductive cocksfoot patches. *Appl Anim Behav Sci.* 1995;43(1):1-15.
- (22) Caram N. Patrón de defoliación de campo natural bajo dos ofertas de forraje. [tesis]. Montevideo: Universidad de la República, Facultad de Agronomía; 2019. 87 p.
- (23) Laca EA, Ortega IM. Integrating foraging mechanisms across spatial and temporal scales. In: *Proceedings of the 5th International Rangeland Congress*; 1996; Salt Lake City, UT, USA. p. 129-32.
- (24) Laca EA, Lemaire G. Measuring sward structure. In: 't Mannetje L, Jones RM, editors. *Field and laboratory methods for grassland and animal production research*. Vol. 57. 2000. p. 103-22. doi:10.1046/j.1365-2494.2002.00316.x.
- (25) WallisDeVries MF, Laca EA, Demment MW. The importance of scale of patchiness for selectivity in grazing herbivores. *Oecologia.* 1999;121:355-63.
- (26) Utsumi SA, Cangiano CA, Galli JR, McEachern MB, Demment MW, Laca EA. Resource heterogeneity and foraging behaviour of cattle across spatial scales. *BMC Ecol.* 2009;9(1):9. doi:10.1186/1472-6785-9-9.
- (27) Poppi DP, Hughes TP, L'Huillier PJ. Intake of pasture for grazing animals. In: *Livestock feeding on pasture*. Ruakura: New Zealand Society of Animal Production; 1987. p. 55-64. (Occasional Publication; 10).
- (28) Piaggio L. Pasture and animal traits associated with intake and selectivity of grazing steers on rangeland. [tesis PhD]. Porto Alegre, RS, Brazil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 1994. 438 p.
- (29) Machado F. Análisis del patrón de pastoreo de vacas de cría frente a cambios en la oferta de forraje de campo natural. [tesis de maestría]. Montevideo, Uruguay: Facultad de Agronomía; 2020. 90 p.

- (30) Goncalves EN, Carvalho PCF, Devincenzi T, Lopes MLT, Freitas FK, Jacques AVA. Plant-animal relationships in a heterogeneous pastoral environment: Displacement patterns and feeding station use. *Braz J Anim Sci.* 2009;38:2121-6.
- (31) Panario D, Gutiérrez O, Achkar M, Bartesaghi L, Ceroni M. Clasificación y mapeo de ambientes de Uruguay. Informe Técnico. Convenio MGAP/PPR – Facultad de Ciencias/Vida Silvestre/Sociedad Zoológica del Uruguay/CIEDUR; 2011. 149 p.
- (32) INUMET (Instituto Uruguayo de Meteorología). Información meteorológica solicitada para fines educativos. [Datos sin publicar]; 2021.
- (33) Sollenberger L, Moore JE, Allen VG, Pedreira CGS. Reporting forage allowance in grazing experiments. *Crop Sci.* 2005; 45:896-900.
- (34) Mott GO, Lucas HL. The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: Proceedings of the sixth international grassland congress; 1952; Pennsylvania State College, PA, USA.
- (35) Haydock, K.P., Shaw, N.H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Aust. J. Exp. Agric.* 15, 663–670.
- (36) Stewart KEJ, Bourn NAD, Thomas JA. An evaluation of three quick methods commonly used to assess sward height in ecology. *J Appl Ecol.* 2001;38(5):1148-54.
- (37) Do Carmo M, Cardozo G, Mecatti F, Soca P, Hirata M. Number of samples for accurate visual estimation of mean herbage mass in Campos grassland. *Agron J.* 2020;112(5):2734-40. doi:10.1002/agj2.20237.
- (38) Coates DB, Penning P. Measuring animal performance. In: 't Mannetje L, Jones RM, editors. *Field and laboratory methods for grassland and animal production research.* 1st ed. Wallingford: CABI; 2000. p. 353-402.
- (39) Carvalho PCF, Prache S, Damasceno J. O processo de pastejo: desafios da procura e apreensão da forragem pelo herbívoro. In: Penz Junior A, Afonso L, Wassermann G, editors. *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Anais.* Porto Alegre; 1999. p. 253-68.

- ⁽⁴⁰⁾ Hirata M, Yamamoto K, Tobisa M. Selection of feeding areas by cattle in a spatially heterogeneous environment: selection between two tropical grasses differing in accessibility and abiotic environment. *J Ethol.* 2010;28(1):95-103.
- ⁽⁴¹⁾ Neves FP, Carvalho PCF, Nabinger C, Carassai IJ, Santos DTD, Veiga GVD. Caracterização da estrutura da vegetação numa pastagem natural do bioma Pampa submetida a diferentes estratégias de manejo da oferta de forragem. *Rev Bras Zootec.* 2009;38(9):1685-94.
- ⁽⁴²⁾ Casalás FC. Dinámica espacio temporal de la estructura del campo natural bajo dos ofertas de forraje. Tesis Mag. Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay: Universidad de la República, Facultad de Agronomía; 2019. 73 p.

7. Bibliografia

- Allen, V. G., Batello, C., Berretta, E. J., Hodgson, J., Kothmann, M., Li, X. y Sanderson, M. (2011). An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and Forage Science*, 66(1), 2-28. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x>
- Association of Official Analytical Chemists International (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis* (15.^a ed.).
- 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* [tesis de doctorado]. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul.
- Bailey, D. y Provenza, F. (2008). Mechanisms determining large – herbivore distribution. En H. Prins y F. Van Langevelde (eds.), *Resource Ecology: Spatial and Temporal Dynamics of Foraging* (pp. 7-28). Springer.
- Bailey, D. W., Gross, J. E., Laca, E. A., Rittenhouse, L. R., Coughenour, M. B., Swift, D. M. y Sims, P. L. (1996). Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *Journal of Range Management*, 49(5), 386-400. <https://doi.org/10.2307/4002919>
- Berretta, E. J. (2001). Ecophysiology and management response of the subtropical grasslands of southern south America. Proceedings 19th International Grassland Congress, pp. 939-946.
- Bremm, C., Carvalho, P. C. F., Fonseca, L., Amaral, G. A., Mezzalira, J. C. y Perez, N. B. (2016). Diet Switching by Mammalian Herbivores in Response to Exotic Grass Invasion. *PLoS ONE*, 11(2), e0150167. doi:10.1371/journal.pone.0150167
- Bremm, C., Laca, E. A., Fonseca, L., Mezzalira, J. C., Elejalde, D. A. G., Gonda, H. L. y 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, 108-116.

- Briske, D. D. y Heitschmidt, R. K. (1991). Grazing management: an ecological perspective. En R. K. Heitschmidt y J. W. Stuth (eds.), *Grazing management: an ecological perspective* (pp. 11-26). Timber Press.
- Caram, N. (2019). *Patrón de defoliación de comunidades de campo natural bajo dos ofertas de forraje* [tesis de maestría]. Universidad de la República.
- Caram, N., Casalás, F., Soca, P., Anfuso, V., García-Favre, J., Wallau, M., Zanoniani, R., Cadenazzi, M. y Boggiano, P. (2021). Configuration of daily grazing and searching of growing beef cattle in grassland: observational study. *Animal*, 14(9), 100336. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100336>
- Carrquiry, M., Espasandin, A. C., Astessiano, A. L., Casal, A., Claramunt, M., Do Carmo, M., Genro, C., Gutiérrez, V., Laporta, J., Lopez-Mazz, C., Meikle, A., Olmos, F., Perez-Clariget, R., Scarlato, S., Trujillo, A. I., Viñoles, C. y Soca, P. (2012). La cría vacuna sobre campo nativo: Un enfoque de investigación jerárquico para mejorar su productividad y sostenibilidad. *Veterinaria (Montevideo)*, 48, 41-48.
- Carvalho, P. C. de F. (2013). Can grazing behaviour support innovations in grassland management? En D. L. Michalk, G. D. Millar, W. B. Badgery y K. M. Broadfoot (eds.), *Proceedings of the 22th International Grassland Congress* (pp. 1134-1148). New South Wales Department of Primary Industries.
- Carvalho, P. C. F., Prache, S. y Damasceno, J. (1999). O processo de pastejo: desafios da procura e apreensão da forragem pelo herbívoro. En A. Penz Junior, L. Afonso y G. Wassermann, Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Anais Porto Alegre. 253-268.
- Carvalho, P. C. F., Bremm, C., Mezzalira, J. C., Da Trindade, J. K. y Nascimento Jr., D. (2011). *How can grazing behavior research at the bite to patch scales contribute to enhance sustainability of rangeland livestock production systems?* Proceedings of the IX International Rangeland Congress – Diverse rangelands for a sustainable society. Rosario.
- Carvalho, P. C. F., Mezzalira, J. C. y Fonseca, L. (2009). Do bocado ao sítio de pastejo: Manejo em 3D para compatibilizar a estrutura do pasto e o processo de pastejo. *7 Simpósio de Forragicultura e Pastagem*. Lavras.

- Casal, A., Astessiano, A. L., Espasandín, A. C., Trujillo, A. I., Soca, P. y Carriquiry, M. (2016). Changes in body composition during winter gestation period in mature beef cows grazing different herbage allowance of native pastures. *Animal Production Science*, 57, 520-529. doi:10.1071/AN14984
- Casalás, F. C. (2019). *Dinámica espacio temporal de la estructura del campo natural bajo dos ofertas de forraje* [tesis de maestría]. Universidad de la República.
- Charnov, E. L. (1976). Optimal foraging: the marginal value theorem. *Theoretical Population Biology*, 9(1), 129-136.
- Cid, M. S. y Brizuela, A. (1998). Heterogeneity in tall fescue pastures created and sustained by cattle grazing. *Journal of Range Management*, 51(6), 644-649.
- Coleman, S. W., Forbes, T. D. A. y Stuth, J. W. (1989). Measurements of the plant-animal interface in grazing research. En G. C. Marten (ed.), *Grazing research: Design, methodology, and analysis* (pp. 37-51). Crop Science Society of America.
- 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. y Carvalho, P. C. F. (2016). Daily forage intake by cattle on natural grassland: Response to forage allowance and sward structure. *Rangeland Ecology & Management*, 69, 59-67. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2015.10.002>.
- Do Carmo, M., Genro, T., Cibils, A. y 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), 1-9.
- Do Carmo, M., Sollenberger, L. E., Carriquiry, M. y Soca, P. (2018). Controlling herbage allowance and selection of cow genotype improve cow-calf productivity in Campos grassland. *The Professional Animal Scientist*, 34, 32-41. 10.15232/pas.2016-01600.
- Dumont, B., Garel, J. P., Ginane, C., Decuq, F., Farruggia, A., Pradel, P., Rigolot, C. y Petit, M. (2007). Effect of cattle grazing a species-rich mountain pasture under different stocking rates on the dynamics of diet selection and sward structure. *Animal*, 1, 1042-1052.

- Farruggia, A., Dumont, B., D'hour, P., Egal, D. y 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.
- Forbes, J. M. (2007). *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. CABI Publishing.
- Forrester, J. W. (1971). Counterintuitive behavior of social systems. *Theory and Decision*, 2, 109-140.
- Funston, R. N., Kress, D. D., Havstad, K. M. y Doornbos, D. E. (1991). Grazing behavior of rangeland beef cattle differing in biological type. *Journal of Animal Science*, 69(4), 1435. doi:10.2527/1991.6941435x
- García, F., Carrère, P., Soussana, J. F. y Baumont, R. (2003). The ability of sheep at different stocking rates to maintain the quality and quantity of their diet during the grazing season. *Journal of Agricultural Science*, 140(1), 113-124.
- Goncalves, E. N., Carvalho, P. C. F., Devincenzi, T., Lopes, M. L. T., Freitas, F. K. y Jacques, A. V. A. (2009). Plant-animal relationships in a heterogeneous pastoral environment: Displacement patterns and feeding station use. *Brazilian Journal of Animal Science*, 38, 2121-2126.
- Gonçalves, E. (2007). *Comportamento ingestivo de bovinos e ovinos em pastagem natural da depressão central do Rio Grande do Sul* [tesis de doctorado]. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Gregorini, P., Clark, C., McLeod, K., Glassey, C., Romera, A. y Jago, J. (2011). Comportamiento en la estación de alimentación de las vacas lecheras en pastoreo en respuesta a la restricción del tiempo en el pasto. *Ciencias del Ganado*, 137, 287-291.
- Gregorini, P., Gunter, S. A., Masino, C. A. y Beck, P. A. (2007). Effects of ruminal fill on short term herbage intake rate and grazing dynamics of beef heifers. *Grass and Forage Science*, 62(3), 346-354.
- Gregorini, P. (2012). Diurnal grazing pattern: its physiological basis and strategic management. *Animal Production Science*, 52, 416-430.

- Haydock, K. P. y Shaw, N. H. (1975). The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 15(76), 663-670.
- Hirata, M., Matsumoto, Y., Izumi, S., Soga, Y., Hirota, F. y Tobisa, M. (2014). Seasonal and interannual variations in feeding station behavior of cattle: effects of sward and meteorological conditions. *The International Journal of Animal Biosciences*, 9(4), 682-690.
- Hirata, M., Iwamoto, T., Otozu, W. y Kiyota, D. (2002). The effects of recording interval on the estimation of grazing behavior of cattle in a daytime grazing system. *Journal of Animal Science*, 15(5), 745-750.
- Hirata, M., Murakami, K., Ikeda, K., Oka, K. y Tobisa, M. (2012). Cattle use protein as a currency in patch choice on tropical grass swards. *Livestock Science*, 150, 209-219.
- Hirata, M., Yamamoto, K. y Tobisa, M. (2010). Selection of feeding areas by cattle in a spatially heterogeneous environment: selection between two tropical grasses differing in accessibility and abiotic environment. *Journal of Ethology*, 28(1), 95-103.
- Hodgson, J. (1979). Nomenclature and definitions in grazing studies. *Grass and Forage Science*, 34, 11-18.
- Hodgson, J. (1990). *Grazing management: Science into practice*. Longman Scientific & Technical.
- Hodgson, J. (1984). Grazing behavior and herbage intake. En J. Frame (ed.), *19th Occasional Symposium* (pp. 51-64). The British Grassland Society.
- Inumet (Instituto Uruguayo de Meteorología). (2022). Información meteorológica solicitada para fines educativos. [Datos sin publicar].
- Jenkins, T. G. y Ferrell, C. L. (1994). Productivity through weaning of nine breeds of cattle under varying feed availabilities: 1: Initial evaluation. *Journal of Animal Science*, 72, 2787-2797.
- Kohler, F., Gillet, F., Reust, S., Wagner, H. H., Gadallah, F., Gobat, J. M. y Buttler, A. (2006). Spatial and seasonal patterns of cattle habitat use in a mountain wooded pasture. *Landscape Ecology*, 21, 281-295.

- Laca, E., Distel, R., Griggs, T. y Demment, M. (1994). Effects of canopy structure on patch depression by grazers. *Ecology*, 75(3), 706-716.
- Laca, E. A. (2008). Foraging in a heterogeneous environment: Intake and diet selection. En H. H. Prins y F. van Langeveld (eds.), *Resource Ecology: Spatial and Temporal Dynamics of Foraging* (pp. 7-29). Frontis Series.
- Laca, E. A. y Ortega, I. M. (1996). Integrating foraging mechanisms across spatial and temporal scales. *Proceedings of the 5th International Rangeland Congress*. Salt Lake City.
- Laca, E. A. y Lemaire, G. (2000). Measuring Sward Structure. In L. 't Mannetje & R. M. Jones (eds.), *Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research* (vol. 57, pp. 103-122). <https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.2002.00316.x>
- Laca, E. y Demment, M.W. (1991). Herbivory: the dilemma of foraging in a spatially heterogeneous food environment. En R. T. Palo y C. T. Robbins (eds.), *Plant defense against mammalian herbivory* (pp. 29-44). CRC.
- Lechowicz, M. J. (1982). The sampling characteristics of electivity indices. *Oecologia*, 52, 22-30.
- Li, H. y Reynolds, J. F. (1994). A Simulation Experiment to Quantify Spatial Heterogeneity in Categorical Maps. *Ecology*, 75(8), 2446-2455. <https://doi.org/10.2307/1940898>
- Machado, F. (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.
- Maraschin, G. E., Moojen, E. L., Escoteguy, C. M. D., Correa, L., Apezteguia, E. S. y Boldrini, I. I. (1997). Native pasture, forage on offer and animal response. En J. G. Buchanan-Smith, L. D. Bailey y P. McCaughey (eds.), *Proceedings of the XVIII International Grassland Congress* (pp. 27-29). Canadian Grassland Society.
- Menegazzi, G. (2021). *Efecto de la altura postpastoreo en el comportamiento ingestivo, consumo de la materia seca y producción de leche de vacas holando* [tesis de maestría]. Universidad de la República.

- Mertens, D. R. (1994). Regulation of forage intake. En G. C. Fahey (ed.), *Forage Quality, evaluation and Utilization* (pp. 450-493). American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America.
- Mezzalana, J. C., Bremm, C., Trindade, J. K. D., Gonda, H. L., Vieira, P. C. y Carvalho, P. C. D. F. (2013). Ingestive Behaviour from the Feeding Station to Patch Level in Heterogeneous Environments. *Journal of Animal Science Advances*, 12, 613-623.
- Montgomery, D. (2004). *Diseño y análisis de experimentos* (2.^a ed.). Limusa.
- Mott, G. O. y Lucas, H. L. (1952). The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. En Proceedings of the sixth international grassland congress. Pennsylvania State College, PA, USA.
- Neves, F. P., Carvalho, P. C. F., Nabinger, C., Carassai, I. J., Santos, D. T. D. y Veiga, G. V. D. (2009). Caracterização da estrutura da vegetação numa pastagem natural do bioma Pampa submetida a diferentes estratégias de manejo da oferta de forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(9), 1685-1694.
- Newman, J. A., Parson A. J. y Penning P. D. (1995). A note on the behavioural strategies used by grazing animals to alter their intake rates. *Grass and Forage Science*, 49, 502-505.
- Ogura, S., Hasegawa, H. y Hirata, M. (2002). Effects of herbage mass and herbage quality on spatially heterogeneous grazing by cattle in a bahia grass (*Paspalum notatum*) pasture. *Tropical Grasslands*, 36, 172-179.
- Osoro, K., Oliván, M., Celaya, R. y Martinez, A. (1999). Effects of genotype on the performance and intake characteristics of sheep grazing contrasting hill vegetation communities. *Animal Science*, 69, 419-426.
- Panario, D. y Bidegain, M. (1997). Climate change effects on grasslands in Uruguay. *Climate Research*, 9, 37-40.
- Parsons, A. J. y Dumont, B. (2003). Spatial heterogeneity and grazing processes. *Animal Research*, 52, 161-179.
- Parsons, A. J., Leafe, E. L., Collet, B. y Stiles, W. (1983). The physiology of grass production under grazing. I. Characteristics of leaf and canopy photosynthesis of continuously grazed swards. *Journal of Applied Ecology*, 20(1), 117-126.

- Paruelo, J. M., Piñeiro, G., Baldi, G., Baeza, S., Lezama, F., Altesor, A. y Oesterheld, M. (2010). Carbon stocks and fluxes in tangelands of the Rio de la Plata Basin. *Rangeland Ecology & Management*, 63, 94-108.
- Piaggio, L. (1994). *Pasture and animal traits associated with intake and selectivity of grazing steers on rangeland* [tesis de doctorado]. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Poppi, D. P., Hughes, T. P. y L'Huillier, P. J. (1987). Intake of pasture for grazing animáis. En: Livestock feeding on pasture. *New Zealand Society of Animal Production*, 55-64. (Occasional Publication; 10).
- Ricci, P., Umstätter, C., Holland, J. P. y Waterhouse, A. (2014). Does diverse grazing behavior of suckler cows have an impact on predicted methane emissions? *Journal of Animal Science*, 92(3), 1239-49. 10.2527/jas.2013-7029.
- Robbins, C. T., Hanley, T. A., Hagerman, A. E., Hjeljord, O., Baker, D. L., Schwartz, C. C. y Mautz, W. W. (1987). Role of tannins in defending plant against ruminants: Reduction in protein availability. *Ecology*, 68(1), 98-107.
- Rutter, S. (2010). Review: Grazing preferences in sheep and cattle: Implications for production, the environment and animal welfare. *Canadian Journal of Animal Science*, 90, 285-293.
- Ruyle, G. B. y Dwyer, D. D. (1985). Feeding stations of sheep as an indicator of diminished forage supply. *Journal of Animal Science*, 61, 349-353.
- Scarlatto, 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.
- Searle, K. R., Hobbs, T. y Shipley, L. A. (2005). Should I stay or should I go? Patch departure decisions by herbivores at multiple scales. *Oikos*, 111(3), 217-424.
- Senft, R., Coughenour, M., Bailey, D., Rittenhouse, L., Saka, O. y Swift, D. (1987). Large herbivore foraging and ecological hierarchies. *BioScience*, 37, 789-799.
- Soca, P., Claramunt, M. y Do Carmo, M. (2007). Sistemas de cría vacuna en ganadería pastoril sobre campo nativo sin subsidios: Propuesta tecnológica para estabilizar la producción de terneros con intervenciones de bajo costo y de fácil implementación. *Revista Ciencia Animal*, 3, 3-22.

- Solis, J. C., Byers, F. M., Schelling, G. T., Long, C. R. y Greene, L. W. (1988). Maintenance requirements and energetic efficiency of cows of different breed types. *Journal of Animal Science*, *66*, 764-773.
- Sollenberger, L. E., Moore, J. E., Allen, V. G. y Pedreira, C. G. S. (2005). Reporting forage allowance in grazing experiments. *Crop Science*, *45*(3), 896-900.
- Stuth, J. W. (1991). Foraging behavior. En R. K. Heitschmidt & J. W. Stuth (Eds.), *Grazing management: An ecological perspective* (pp. 85–108). Timber Press.
- Thornley, J. H. M., Parsons, A. J., Newman, J. y Penning, P. (1994). A cost-benefit model of grazing intake and diet selection in a two-species temperate grassland sward. *Functional Ecology*, *8*(1), 5-16.
- Tonn, B., Raab, C. e Isselstein, J. (2018). Sward patterns created by patch grazing are stable over more than a decade. *Grass and Forage Science*, *74*(1), 104-114. <https://doi.org/10.1111/gfs.12389>
- Utsumi, S. A., Cangiano, C. A., Galli, J. R., McEachern, M. B., Demment, M. W. y Laca, E. A. (2009). Resource heterogeneity and foraging behaviour of cattle across spatial scales. *BMC Ecology*, *9*(1), 9. doi:10.1186/1472-6785-9-9
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B. y Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, *74*, 3583-3597. doi:10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2.
- Van Vuuren, A. M. (1993). *Digestion and nitrogen metabolism of grass fed dairy cows*. Wageningen Agricultural University.
- Wallis de Vries, M. F. y Daleboudt, C. (1994). Foraging strategy of cattle in patchy grassland. *Oecologia*, *100*(1-2), 98-106. <https://doi.org/10.1007/BF00317136>
- Wallis De Vries, M. F., Laca, E. A. y Demment, M. W. (1999). The importance of scale of patchiness for selectivity in grazing herbivores. *Oecologia*, *121*, 355-363
- Webster, A. J. (1985). Differences in the energetic efficiency of animal growth. *Journal of Animal Science*, *61*(suppl. 2), 92-103.