

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DEL MANEJO DEL PASTOREO EN EL COMPORTAMIENTO Y EN  
LA PERFORMANCE PRODUCTIVA DE VACAS LECHERAS DE ALTA  
PRODUCCIÓN EN UN SISTEMA MIXTO DE ALIMENTACIÓN**

**por**

**María Victoria PEREIRA BERNASCONI**

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

**PAYSANDÚ  
URUGUAY  
2024**

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

Zoot. MSc. Gabriel Menegazzi

Tribunal:

Zoot. MSc. Gabriel Menegazzi

Ing. Agr. MSc. Catalina Rivoir

DCV. PhD. Alberto Casal

Fecha:

22 de octubre de 2024

Estudiante:

María Victoria Pereira Bernasconi

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a mi tutor Gabriel por la oportunidad, orientación, paciencia, críticas y sugerencias realizadas. Además, por el apoyo y los valiosos consejos, especialmente en la recta final.

A mamá, papá y mis abuelos, quienes no dudaron en apoyarme e incentivar me en cada momento y en cada decisión tomada.

A los estudiantes con quienes trabajamos en el proyecto, por el aprendizaje y los momentos compartidos. A todos los funcionarios de la EEMAC que siempre estuvieron a disposición.

A mis tíos y primos, quienes me apoyaron, me incentivaron y siempre estuvieron para darme una mano. A mis amigos y compañeros, que además fueron “todo oídos” para mí.

¡Muchas gracias a todos!

## TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS .....	3
LISTA DE FIGURAS Y TABLAS .....	6
RESUMEN .....	8
SUMMARY .....	9
1. INTRODUCCIÓN .....	10
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LECHE DEL URUGUAY .....	12
2.2 COMPORTAMIENTO INGESTIVO DE RUMIANTES EN PASTOREO	14
2.2.1. Orden jerárquico del comportamiento.....	16
2.2.1.1. Bocado .....	16
2.2.1.2. Estación de alimentación.....	17
2.2.1.3. Parche.....	17
2.2.1.4. Sitio y campo de pastoreo .....	18
2.3. PATRÓN DIURNO DE CONSUMO .....	18
2.3.1. Factores que afectan el comportamiento en pastoreo.....	19
2.3.2. Pastoreo .....	19
2.3.3. Rumia .....	23
2.3.4. Otras actividades .....	25
2.4. INTENSIDAD DE DEFOLIACIÓN Y RESPUESTA ANIMAL .....	25
2.4.1. Modificaciones del comportamiento asociadas a cambios en la pastura .....	25
3. HIPÓTESIS .....	34
4. OBJETIVOS.....	35
4.1. OBJETIVOS GENERALES .....	35
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	35
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
5.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL .....	36
5.2. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS .....	36

5.3. ANIMALES Y MANEJO GENERAL	37
5.4. DETERMINACIONES	40
5.4.1. En el animal .....	40
5.4.1.1. Producción y composición de leche.....	40
5.4.1.2. Comportamiento ingestivo .....	40
5.4.1.3. Consumo de forraje y suplemento .....	41
5.4.1.4. Peso vivo y condición corporal .....	41
5.4.2. En la pastura.....	41
5.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	43
6. RESULTADOS.....	44
6.1 PERÍODO DE EVALUACIÓN GENERAL	44
6.1.1 Condiciones meteorológicas - temperatura y precipitaciones .....	44
6.1.2 Características de las condiciones de pastoreo, consumo de forraje y DPM.....	45
6.1.3 Producción y composición de leche .....	48
6.1.4 Peso vivo y condición corporal.....	50
6.2. PERÍODO DE MEDICIONES ESPECÍFICAS	52
6.2.1. Consumo de materia seca de forraje y de suplemento .....	52
6.2.2. Producción y composición de leche .....	53
6.2.3. Comportamiento ingestivo .....	53
7. DISCUSIÓN.....	58
8. CONCLUSIONES .....	62
9. BIBLIOGRAFÍA .....	63

## LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

<b>Figura No.</b>	<b>Página</b>
Figura 1 <i>Esquema de consumo diario forraje</i> .....	15
Figura 2 <i>Escalas jerárquicas espacio-temporales del comportamiento ingestivo en pastoreo</i> .....	16
Figura 3 <i>Patrón típico de pastoreo de vacas lecheras</i> .....	23
Figura 4 <i>Tasa de consumo instantánea a partir de la depleción de la altura óptima</i> .....	28
Figura 5 <i>Ubicación de sala de ordeño, galpón, potrero 23 y distribución espacial de bloques y parcelas</i> .....	37
Figura 6 <i>Esquema de manejo de los animales durante el día</i> .....	38
Figura 7 <i>Representación de la subdivisión de cada parcela en franjas</i> .....	39
Figura 8 <i>Esquema del grupo de cuatro vacas en cada corral del galpón “Compost Barn”</i> 40	
Figura 9 <i>Esquema de las variables medidas durante el período de evaluación general y de mediciones específicas</i> .....	42
Figura 10 <i>Temperaturas medias (°C) y precipitaciones mensuales acumuladas (mm/mes)</i> 45	
Figura 11 <i>Dinámica de reducción de la altura durante los días del período de ocupación</i> 47	
Figura 12 <i>Consumo de materia seca de forraje (Forraje) y de suplemento (Suplemento)</i> .. 48	
Figura 13 <i>Evolución de la composición de leche durante el período de evaluación general (abril-julio)</i> .....	50
Figura 14 <i>Evolución del peso vivo (PV) durante el período de evaluación (abril-julio)</i> ....	51
Figura 15 <i>Evolución de la condición corporal (CC) durante el período de evaluación (abril-julio)</i> .....	52
Figura 16 <i>Tiempo de pastoreo, rumia en la pastura y diario según el momento de ocupación</i> .....	56
Figura 17 <i>Patrón de actividades durante el tercer día del período de ocupación</i> .....	57

<b>Tabla No.</b>	<b>Página</b>
Tabla 1 <i>Resumen de experimentos del efecto de la intensidad de defoliación sobre variables comportamentales y productivas</i> .....	30
Tabla 2 <i>Composición química de la dieta parcialmente mezclada (DPM)</i> .....	39

Tabla 3 <i>Características del pastoreo para el período de evaluación general (abril-julio)</i>	46
Tabla 4 <i>Producción y composición de leche durante el período de evaluación general (abril-julio)</i> .....	48
Tabla 5 <i>Efecto mes sobre la producción de leche durante el período de evaluación general (abril-julio)</i> .....	49
Tabla 6 <i>Efecto del tratamiento y momento de ocupación sobre producción y composición de leche y comportamiento</i> .....	54
Tabla 7 <i>Efecto del tratamiento y momento de ocupación sobre el número de sesiones de pastoreo</i> .....	55

## RESUMEN

Se realizó un experimento para evaluar el efecto de dos intensidades de defoliación contrastantes en una pastura de segundo año de *Festuca arundinacea* sobre el comportamiento, el consumo de forraje y de materia seca y producción de leche de vacas lecheras. Para ello, se aplicaron dos alturas post pastoreo: 12-15 (TL) y 5-7 (TT) cm. El criterio para comenzar el pastoreo fue 18-20 cm de altura y/o 3 hojas por macollo. Se utilizaron treinta y dos vacas de la raza Holando paridas en otoño, que fueron agrupadas por fecha de parto (3/4/2023  $\pm$  14,5 días), producción previa, peso vivo (665  $\pm$  12,9), condición corporal (CC; 3,3  $\pm$  0,04) y número de lactancias y aleatorizadas entre los tratamientos. Luego del ordeño matutino los animales accedieron a la pastura y luego del ordeño vespertino, al galpón “Compost Barn” donde permanecieron hasta el próximo ordeño. Los datos relacionados a los tiempos de pastoreo y rumia, número y duración de las sesiones de pastoreo fueron recolectados con registradores automáticos. El consumo de forraje fue estimado mediante balance energético. La producción de leche se midió diariamente. Las variables de respuesta se analizaron con PROC GLIMMIX de SAS. El tiempo de pastoreo no fue afectado por el tratamiento (298  $\pm$  8,6 minutos). La reducción de la altura post pastoreo incrementó la duración de la primera sesión de pastoreo (174 vs 139  $\pm$  8,5 minutos). El número de sesiones de pastoreo fue mayor en el TL al momento medio del período de ocupación, mientras que el TT no modificó el número de sesiones con los momentos de ocupación. El consumo de forraje fue mayor en el TL (12,0 vs 9,1 kg MS/vaca/día) que explicó un mayor consumo de materia seca total (25,6 vs 22,4 kg MS/vaca/día). La producción de leche durante el período de evaluación y el período de mediciones específicas fue superior en el TL respecto a TT (38,9 vs 36,2  $\pm$  0,54 y 37,3 vs 33,2  $\pm$  1,02 kg/vaca/día, respectivamente). La concentración de grasa y sólidos totales no difirió entre los tratamientos, mientras que para la concentración de proteína y lactosa fue significativa la interacción tratamiento y mes. La CC al final del experimento fue superior en el TL que en TT (3,3 vs 3,1, respectivamente). El TL logró mayor producción de leche y CC explicado por un mayor consumo de pasto, a través de modificaciones en el comportamiento ingestivo.

*Palabras clave:* intensidad de defoliación, comportamiento ingestivo, producción de leche

### SUMMARY

A study was conducted to evaluate the effect of two contrasting defoliation intensities on a second-year *Festuca arundinacea* pasture on the behavior, forage and total dry matter intake, and milk production of dairy cows. Two post-grazing heights were applied: 12-15 cm (treatment TL) and 5-7 cm (treatment TT). Grazing was initiated when the pasture reached 18-20 cm in height and/or three leaves per tiller. Thirty-two autumn-calving Holstein cows were used, grouped based on calving date (3/4/2023  $\pm$  14,5 days), previous milk yield, body weight (665  $\pm$  12,9 kg), body condition score (BCS; 3,3  $\pm$  0,04), and number of lactations, and randomly assigned to the treatments. After the morning milking, the cows had access to the pasture, and after the evening milking, they were housed in a compost barn until the next milking. Grazing and rumination times, as well as the number and duration of grazing sessions, were recorded automatically. Forage intake were estimated through energy balance, and milk production was measured daily. Response variables were analyzed using PROC GLIMMIX in SAS. Grazing time was not affected by treatment (298  $\pm$  8,6 minutes). The reduction in post-grazing height increased the duration of the first grazing session (174 vs. 139  $\pm$  8,5 minutes). The number of grazing sessions was higher in TL at the midpoint of the occupation period, while TT did not alter the number of sessions during the occupation period. Forage intake was higher in TL (12,0 vs. 9,1 kg DM/cow/day), which explained the higher dry matter intake (25,6 vs. 22,4 kg DM/cow/day). Milk production during the general evaluation period and the specific measurement period was higher in TL than TT (38,9 vs. 36,2  $\pm$  0,54 and 37,3 vs. 33,2  $\pm$  1,02 kg/cow/day). Fat and total solids concentrations did not differ between treatments, while protein and lactose concentrations showed a significant treatment by month interaction. The BCS at the end of the experiment was higher in TL than in TT (3,3 vs. 3,1). TL achieved higher milk production and BCS, which was explained by higher pasture intake through changes in ingestive behavior.

*Keywords:* defoliation intensity, ingestive behavior, milk production

## 1. INTRODUCCIÓN

El sector lechero del Uruguay se caracteriza por un perfil netamente exportador, puesto que se exporta cerca del 70% de la leche producida, que representa un 7,8% de las exportaciones del país y ocupa el cuarto lugar en el ranking de importancia nacional (Oficina de Estadísticas Agropecuarias [DIEA], 2023). Los sistemas de producción de leche del Uruguay de base pastoril tienen el potencial de aumentar la producción y deben lograrlo para mantener la competitividad internacional (Fariña & Chilibróste, 2019). En este sentido, la optimización de la utilización de las pasturas para reducir los costos asociados a la alimentación de vacas lecheras es un objetivo común en estos sistemas de producción (Finneran et al., 2010). Sin embargo, la concentración energética de este tipo de alimentos, asociado a los elevados contenidos de humedad y fibra, pueden resultar en bajos consumos de materia seca (CMS) y energía. El bajo CMS de forraje, que limitaría el consumo de energía, constituye una de las principales limitantes para lograr elevados niveles de producción de leche (Bargo et al., 2003; Pulido & Leaver, 2001). A esto se adiciona, la marcada estacionalidad del crecimiento de las pasturas, que modifica la disponibilidad de forraje a lo largo del año y a su vez, el bajo crecimiento otoño-invernal se agudiza debido a la elevada proporción de praderas y verdeos sembrados recientemente que reducen la superficie efectiva de pastoreo. Esto ha llevado a que los sistemas de producción incluyan niveles crecientes de suplemento (reservas de forraje y/o concentrados) en la dieta con el fin de aumentar el CMS, el consumo de energía y aumentar y estabilizar la producción de leche a lo largo del año (Fariña & Chilibróste, 2019).

El manejo del proceso de pastoreo, principalmente a través de la definición de atributos de la pastura es fundamental para la comprensión de los procesos involucrados en la búsqueda de forraje por los animales en pastoreo con el objetivo de optimizar el uso de este. Se ha confirmado la importancia de la altura del forraje en la determinación de las dimensiones del bocado, en particular, sobre la profundidad del bocado que, en última instancia, define el CMS y la performance animal (Hodgson et al., 1994; Laca et al., 1992, 1994). A su vez, el animal posee la capacidad de demostrar, a través de modificaciones en su comportamiento ingestivo, las características del ambiente pastoril al que está sometido (Carvalho & De Moraes, 2005). Siendo así, la intensidad de defoliación, medida a través de la altura post pastoreo, impacta en la relación planta-animal, y constituye una herramienta

valiosa que puede ser utilizada para mejorar el consumo de forraje y la producción de leche (Menegazzi et al., 2021).

En este contexto, el objetivo del trabajo es evaluar el efecto de dos intensidades de defoliación sobre el comportamiento y la performance productiva de vacas lecheras en un sistema mixto de alimentación.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LECHE DEL URUGUAY

La lechería comercial del país en el ejercicio 2021/2022 se puede resumir en una producción de leche total de 2.201 millones de litros, de la cuál 1.732 millones de litros (79%) se remitió a planta; 3.094 establecimientos, de los cuales 2.325 remiten (75%); 649,2 miles de hectáreas y un total de cabezas de 682 mil (DIEA, 2023). La industria láctea del Uruguay ha sufrido un crecimiento dinámico en los últimos 35 años, con una tasa media de crecimiento anual de ~4%. El crecimiento comenzó en la década de 1980, cuando la orientación de la industria se volcó hacia el mercado externo (Oficina de Planeamiento y Presupuesto [OPP], 2019). En este contexto, en la actualidad, más del 70% de la leche producida se exporta, principalmente en forma de leche en polvo, queso y manteca. Esto ha situado al país en el 7° puesto entre los exportadores mundiales de productos lácteos, por detrás de Nueva Zelanda, la Unión Europea, Estados Unidos, Australia, Argentina y Bielorrusia. Como consecuencia directa del crecimiento de la industria láctea, la leche y los productos lácteos representan el 12% de todos los productos agropecuarios exportados, que supone más del 60% del valor total de las exportaciones (OPP, 2019).

El aumento de la competitividad internacional de la cadena láctea uruguaya se ha basado principalmente en el bajo costo de producción de leche y en los bajos niveles de endeudamiento (OPP, 2019). La marcada orientación internacional de la industria láctea del país se traduce en una elevada exposición a la volatilidad de los precios internacionales de la leche, ya que cambios relativamente pequeños en la producción o la demanda internacional, pueden repercutir rápida y sustancialmente en los precios de los productos lácteos (Chilibroste, 2021).

Las estrategias empleadas por el sector primario explican la mayor parte del aumento de la competitividad de la industria láctea uruguaya a largo plazo. La principal estrategia ha sido el aumento sostenido (1985-2013) en productividad (l/ha; 3,5x la línea de base 1985=100), basado en una mayor producción de leche individual (l/vaca/d; 2,6x) y mayores cargas (1,6x), además de una mayor eficiencia general del rodeo (mayor proporción de vacas en ordeño) (Chilibroste et al., 2024; Fariña & Chilibroste, 2019). Estos cambios han ocurrido a

través de un incremento significativo en el uso de forrajes conservados y concentrados, mientras que la cosecha directa de forraje por los animales ha permanecido sin cambios significativos (Fariña & Chilibroste, 2019).

El sistema de producción de leche del Uruguay se puede definir como de base pastoril, que posee la flexibilidad de reducir o aumentar el nivel de insumos externos (concentrados y fertilizantes) con el fin de minimizar los costos de producción de leche. En estos sistemas, la carga es el principal factor que determina la eficiencia del sistema, debido a su impacto directo sobre la producción y utilización de forraje por los animales (Baudracco et al., 2010; McMeekan & Walshe, 1963) y en la eficiencia de conversión del alimento en leche (Romera & Doole, 2016). Sin embargo, la producción individual ha jugado un papel importante en el proceso de intensificación (Durán & La Manna, 2009; Fariña & Chilibroste, 2019). En situaciones de baja eficiencia de utilización, el incremento en la carga, generalmente, determina mejoras en la eficiencia de cosecha, en la productividad del sistema y en el resultado económico (Baudracco et al., 2010). Sin embargo, el consumo de forraje y la producción de leche individual disminuyen cuando la utilización de forraje supera el 50% (Chilibroste et al., 2005; Fariña & Chilibroste, 2019).

El bajo costo de producción de los sistemas de producción de leche del Uruguay es resultado de la elevada participación del forraje (cosecha directa de pasturas y reservas) en la dieta de los animales, que, asociado a una adecuada utilización y eficiencia de transformación de la materia seca consumida en leche, tiene impacto directo sobre los costos de producción (Chilibroste & Battezzore, 2019). A pesar de que, la materia orgánica, las fracciones fibrosas y nitrogenadas de las pasturas templadas tienen una alta degradabilidad en el rumen (Bargo et al., 2003; Cajarville et al., 2012; Repetto et al., 2005), la concentración energética y los altos contenidos de humedad y fibra (National Research Council [NRC], 2001), pueden resultar en bajos CMS y energía (Kolver & Muller, 1998), que condicionen la producción. Los mencionados factores, en adición a las fluctuaciones estacionales de la disponibilidad de forraje que ocurre durante el año, han llevado a que los sistemas de alimentación incluyan niveles crecientes de suplemento (reservas de forraje y/o concentrados) en la dieta con el fin de aumentar y estabilizar la producción de leche a lo largo del año (Fariña & Chilibroste, 2019). A pesar del incremento, la base de los sistemas de producción de leche en Uruguay continúa siendo esencialmente pastoril, representando el

forraje de cosecha directa entre el 48 y 54% de la dieta de los animales en el año (Chilibroste & Battezzore, 2019).

Según Chilibroste (2015) los sistemas más intensivos obtienen los mayores márgenes de alimentación por hectárea, que es el doble del valor obtenido en los sistemas menos intensivos, debido a que se determinó una alta asociación entre productividad (l o kg sólidos/haVM/año) y el margen de alimentación (U\$S/haVM/día). El incremento en la productividad basada en el ajuste equilibrado de la carga y de la producción individual sobre una base de participación de la pastura cercano al 50% de la materia seca total tiene alto impacto en el resultado de las empresas lecheras y, además, reduce el nivel de vulnerabilidad ante escenarios económicos desfavorables (Chilibroste & Battezzore, 2019). Esto concuerda con la importancia de la carga animal, la producción individual y la suplementación con concentrados en el proceso de intensificación de los sistemas de producción de leche de base pastoril (Baudracco et al., 2010; Romera & Doole, 2016).

## 2.2 COMPORTAMIENTO INGESTIVO DE RUMIANTES EN PASTOREO

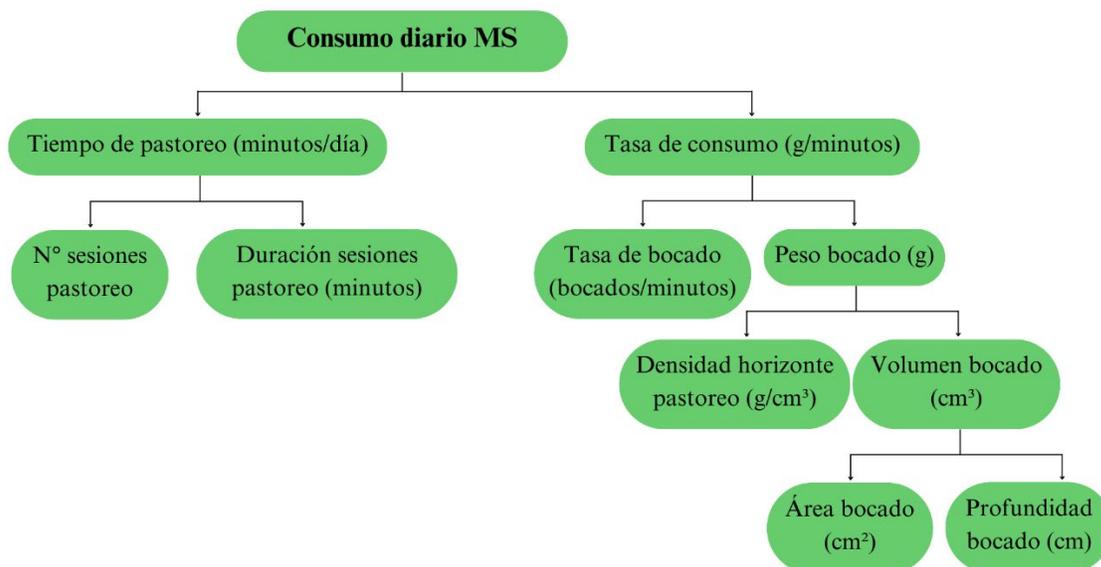
En el proceso de alimentación a pastoreo, los animales se enfrentan al desafío de alimentarse de un recurso complejo y dinámico en el tiempo y en el espacio (Carvalho & De Moraes, 2005). El proceso de alimentación de un herbívoro es el pastoreo e involucra el desplazamiento, la selección y la aprehensión del forraje para la obtención de los nutrientes necesarios para la reproducción (Carvalho et al., 2019). Constituye un proceso complejo que involucra una serie de decisiones y acciones que ocurren a diferentes escalas, cuya unidad básica es el bocado y resultan en el consumo diario de forraje (Gregorini et al., 2008). A su vez, el pastoreo es causa y consecuencia de la estructura del ambiente pastoril, debido a que las modificaciones en la estructura de la pastura son provocadas por él, y por su parte, la estructura resultante afecta el proceso de pastoreo, dando lugar a un ciclo continuo de relación causa-efecto (Carvalho et al., 2016). La estructura de la pastura se define como la disposición espacial de los componentes morfológicos de las plantas que se presenta al animal al momento de la ejecución del bocado (Carvalho et al., 2016). Es por ello que, a lo largo de la coevolución de los herbívoros con las plantas, estos han desarrollado una serie de mecanismos de pastoreo que le permiten alterar su comportamiento ingestivo a través de modificaciones en los patrones de desplazamiento, preferencia e ingestión, en respuesta a las

variaciones en la estructura de la pastura, composición química y oferta de forraje (Carvalho et al., 2009, 2013). Estos mecanismos de pastoreo seguidos por los animales para obtener nutrientes en condiciones de pastoreo están determinados, entre otros, por el estado fisiológico del animal, la disponibilidad, la asignación de forraje, y el nivel y tipo de suplemento suministrado (Chilibroste, 2002; Gill & Romney, 1994).

De esta forma, el consumo diario de materia seca de forraje (CMSF) se puede considerar como el resultado de la interacción entre planta-animal-ambiente (Barrett et al., 2001). Según Allden y McDWhittaker (1970) el CMSF por un animal en pastoreo es el producto de la tasa de consumo (TC; g/hora) y el tiempo de pastoreo (TP; horas/día). Por su parte, la TC es resultado del producto del peso del bocado (PB; g/bocado) y de la tasa de bocados (TB; bocado/hora) (figura 1). El PB constituye el factor más importante en la determinación de la TC y realiza una importante contribución al CMSF (Phillips & Leaver, 1986; Stobbs, 1973) y se ha demostrado que está influenciado por la estructura de la pastura, en cuanto a la altura y a la biomasa de forraje disponible (Gibb et al., 1997; Hodgson, 1985; Laca et al., 1992).

### Figura 1

*Esquema de consumo diario forraje*



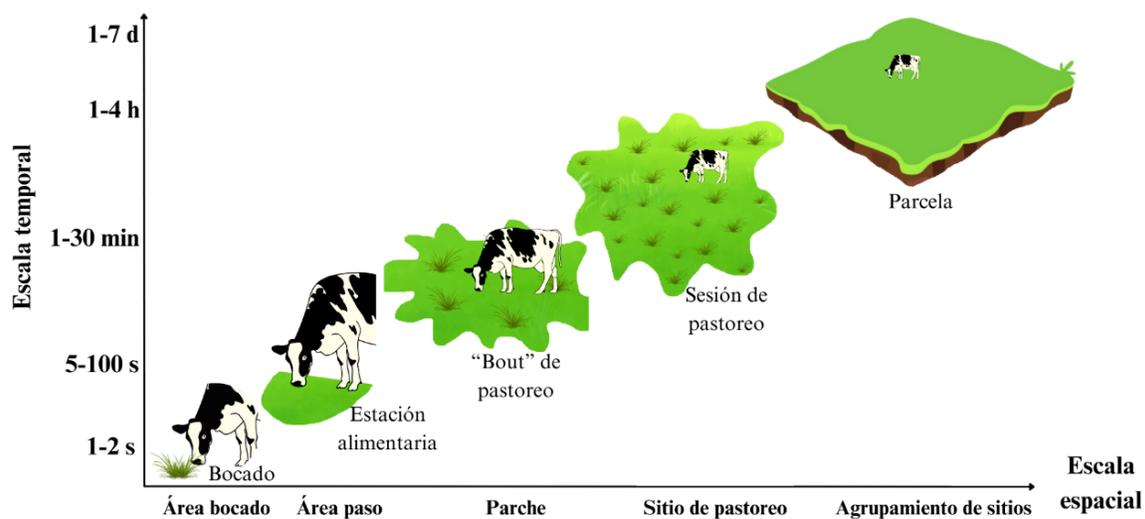
*Nota.* MS, Materia seca. Adaptado de Allden y McDWhittaker (1970), Boval y Sauvant (2019), Carvalho (2013).

### 2.2.1. Orden jerárquico del comportamiento

De acuerdo con Senft et al. (1987), el comportamiento de los animales en pastoreo debería abordarse de forma jerárquica y en diferentes escalas espacio-temporales, debido a que los factores que lo regulan difieren en función del nivel de estudio. Las escalas abarcan desde el bocado, estación de alimentación, parche, sitio de alimentación y campo de pastoreo, en las cuales se observan patrones de alimentación, objetivos e importancia de determinado parámetros diferentes (Bailey & Provenza, 2008) (figura 2).

#### Figura 2

*Escalas jerárquicas espacio-temporales del comportamiento ingestivo en pastoreo*



*Nota.* Adaptado de Bailey et al. (1996), Gregorini et al. (2006), Menegazzi et al. (2021).

#### 2.2.1.1. Bocado

El bocado constituye la menor escala del proceso de pastoreo y consiste en la acción del animal de aprehender el forraje a través de movimientos de los labios, lengua y dientes (Gibb, 1998). Usualmente es descrito de forma volumétrica por una determinada profundidad (cm) y área (cm<sup>2</sup>) (figura 1). Cada bocado representa una decisión del animal de qué planta y cuál componente morfológico cosechar. En esta escala, la variable de respuesta de mayor importancia es el PB. La altura y la densidad del forraje son los factores más importantes en la definición de la profundidad y área del bocado, y consecuentemente en el peso de este. Existe una relación curvilínea entre la altura del forraje y el PB, con aumentos decrecientes de este en la medida que se incrementa la altura (Laca et al., 1992; Penning et

al., 1994). Esta relación es dependiente de la densidad de plantas, debido a que el PB se reduce en la medida que la densidad de plantas es menor (Hodgson, 1985; Laca et al., 1992, 1994).

#### 2.2.1.2. Estación de alimentación

La estación de alimentación (EA) se define como el semicírculo hipotético de área disponible frente al animal, en la cual toma bocados sin mover las patas delanteras (Bailey et al., 1996). Mientras el animal está ingiriendo, decisiones relativas a la rentabilidad de cada bocado (energía digestible cosechada por bocado con relación al tiempo de permanencia por EA) (Fortin, 2001) influyen en las decisiones de tiempo de permanencia por EA (Searle et al., 2005). Los animales poseen un “valor de referencia” (Roguet et al., 1998) , a partir del cual deciden el acceso o rechazo integrando información de las EAs accedidas previamente (Carvalho & De Moraes, 2005).

La información sobre la exploración de EAs es variable entre los estudios, sin embargo existe un consenso de que es altamente dependiente de la estructura vertical de la pastura y distribución espacial, biomasa de forraje, y el estado interno de los animales, que resultan en compensaciones que determinan el patrón de comportamiento adoptado mientras ocurre el pastoreo durante el día y entre los días (Amaral et al., 2013; Da Trindade et al., 2012; Gonçalves et al., 2009; Gregorini et al., 2007, 2011; Gregorini, Soder, et al., 2009; Mezzalira, 2009; Roguet et al., 1998; Searle et al., 2005).

Una alta disponibilidad de forraje permite la cosecha de elevados PB, que posibilita que los animales recorran distancias mayores entre EAs, decidan acceder a las mejores EAs disponibles (Menegazzi et al., 2021) y definir el tiempo de permanencia en cada una (Roguet et al., 1998).

#### 2.2.1.3. Parche

El parche es un agregado de EAs separado de otros por intervalos en la secuencia de pastoreo, cuando el animal se reorienta hacia otra zona (Bailey et al., 1996). El límite entre parches corresponde a la escala donde el animal percibe una discontinuidad en el ambiente y toma la decisión con relación a su tiempo de permanencia (Bailey & Provenza, 2008). Por lo tanto, un parche se puede definir como una agregación espacial de EAs (y bocados, consecuentemente), donde la TC permanece relativamente constante (Bailey et al., 1996).

En situaciones de abundancia de forraje, la tasa de encuentro con los parches no constituye un factor limitante, debido a que los animales tienen elevada tasa de ingestión y mastican bocados de mayor peso mientras caminan distancias más largas, destinando más tiempo a la búsqueda (Forbes, 1995). En pasturas heterogéneas, la selección de parches puede aumentar de forma considerable la distancia recorrida por el animal.

#### 2.2.1.4. Sitio y campo de pastoreo

El sitio de pastoreo se caracteriza por un agregado de parches y representa un área contigua donde los animales pastorean durante una sesión de pastoreo, cuanto esta es interrumpida por la realización de otras actividades, la sesión anterior se define, y la próxima iniciará en tanto el animal reinicie el pastoreo (Carvalho et al., 2013).

El campo de pastoreo es una de las mayores escalas de decisión del animal en pastoreo, donde están involucradas las respuestas en escala diaria. Se considera un agregado de diferentes sitios de pastoreo que engloba una escala temporal de días a meses (Carvalho et al., 2013). En las escalas mayores, los factores abióticos que actúan como limitantes son la topografía, la distancia al agua y la temperatura (Bailey & Provenza, 2008).

### 2.3. PATRÓN DIURNO DE CONSUMO

Los rumiantes exhiben un patrón básico de comportamiento en pastoreo producto del proceso evolutivo de la especie (Hodgson, 1990). Como resultado de la evolución y de la integración a nivel del sistema nervioso central, de señales de corto y largo plazo (Forbes, 1995), los animales alternan durante el día períodos de pastoreo, rumia, descanso y otras actividades (Gibb et al., 1997), que representan entre el 90 y 95% de las actividades diarias que realiza el animal en pastoreo (Kilgour, 2012) (figura 3).

La duración y la distribución del pastoreo, búsqueda de forraje, rumia y descanso son modificados por la estructura de la pastura, las condiciones climáticas y el momento del día (Gibb et al., 1998; Hodgson, 1985). El patrón diurno de los animales controla el consumo de forraje a través de relación entre el patrón de pastoreo y los factores ingestivos-digestivos que controlan el consumo diario (Gregorini et al., 2006).

### 2.3.1. Factores que afectan el comportamiento en pastoreo

El patrón diario de pastoreo adoptado por los animales depende principalmente de su comportamiento intrínseco, fotoperíodo (Linnane et al., 2001), características de la pastura (Chapman et al., 2007), estado interno (llenado ruminal, demanda de energía, liberación de hormonas, estado fisiológico, adiposidad, entre otros) (Chilibroste et al., 2005), memoria espacial (Bailey et al., 1996), nivel y tipo de suplementación, tiempo dedicado a otras actividades, condiciones ambientales e infraestructura y manejo antropogénico (Chilibroste et al., 2015). Dichos factores afectan la relación entre la altura del forraje, el PB y el tiempo total de pastoreo. Por lo tanto, el patrón diario de pastoreo surge de una serie de decisiones tales como “cuándo” comenzar, la intensidad, “qué” frecuencia y “cómo” distribuir los eventos de pastoreo en el tiempo (Gregorini, 2012). La elección de qué actividad realizar depende del estado actual del animal, su entorno y posiblemente a una integración de información pasada (memoria) para anticiparse (Gregorini, 2012; Mangel & Clark, 1986), debido a que los rumiantes demuestran gran plasticidad en su comportamiento frente a cambios en el ambiente y/o manejo (Chilibroste et al., 2010).

### 2.3.2. Pastoreo

El TP diario es resultado de la suma de las duraciones de las sesiones de pastoreo (comidas discretas) que el animal realiza durante el día (Gill & Romney, 1994). En condiciones pastoriles, el tiempo diario de pastoreo raramente es inferior a 6 y superior a 12 horas (Carvalho et al., 1999).

Independientemente del sistema de producción y de las condiciones de alimentación, los animales ingieren el forraje en comidas discretas, alternando períodos de alimentación y ayuno a corto y largo plazo (Forbes, 1995). Esto sugiere que los cambios en el CMS del animal se producen a través de la modificación del tamaño de las sesiones y el intervalo entre ellas. Una sesión de pastoreo se define como una secuencia ininterrumpida de pastoreo (Gibb, 1998). Sin embargo, el pastoreo es una actividad que incluye breves períodos de tiempo en los que el animal no está ingiriendo de forma activa, sino realizando actividades inherentes al proceso de alimentación como la búsqueda y el desplazamiento. Dichos períodos de inactividad superiores a 5 minutos podrían considerarse como intervalos entre sesiones, cuando ocurre un cese completo del pastoreo y, por debajo de los 5 minutos, como intervalos

dentro de las sesiones, donde si bien, no hay actividad mandibular, el animal realiza actividades relacionadas a la cosecha de forraje (Gibb, 1998). Usualmente, entre dos sesiones de pastoreo consecutivas, el animal inicia una sesión de rumia para liberar los nutrientes de los alimentos (Chilibroste et al., 2007; Gregorini, 2012) a través de la masticación que reduce el tamaño de las partículas, aumenta la superficie expuesta para la fermentación por los microorganismos ruminales (Kennedy, 1985) y permite el pasaje a través del orificio retículo-omasal.

El tiempo total y el largo de las sesiones de pastoreo dependen del estado interno del animal, de la cantidad y calidad de forraje disponible, de la disponibilidad de productos finales de la digestión y del fotoperíodo (Chilibroste, 1999). La duración de cada sesión de pastoreo está determinada principalmente por el llenado ruminal (Chilibroste et al., 1997). Sin embargo, se ha asociado a una respuesta multifactorial (Chilibroste et al., 2015; Gregorini, 2012), entre ellos, los productos y el patrón de fermentación ruminal (ácidos grasos volátiles; AGV) y nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) (Chapman et al., 2007; Chilibroste et al., 2007; Forbes, 2007). La frecuencia, distribución y características de las diferentes sesiones de pastoreo han sido relacionadas a la fluctuación diurna de la composición química del forraje (Gibb, 1998), función y llenado ruminal (Chilibroste et al., 1997; Taweel et al., 2004), fotoperíodo (Linnane et al., 2001) y estrategias para evadir a los predadores (Gregorini et al., 2006).

En condiciones templadas, los rumiantes presentan una frecuencia diaria de tres a cinco sesiones de pastoreo (Gibb, 2006; Gregorini, 2012; Rook et al., 1994), cuya duración promedio es de 2 horas (Gregorini, 2012). Sin embargo, la frecuencia es flexible y depende del estado fisiológico del animal, el método de pastoreo y el entorno (Gregorini, 2012). Existe una asociación del patrón básico de comportamiento de los animales con el fotoperíodo, por lo que las sesiones de pastoreo ocurren mayormente durante las horas del día (Balocchi et al., 2002) como lo reportado por Rook et al. (1994), donde el 80% de la actividad de pastoreo ocurrió durante las horas del día.

Independientemente de la frecuencia, las principales sesiones de pastoreo ocurren en las primeras horas del día (incluido el amanecer) y al final de la tarde e inicio de la noche (incluido el atardecer; Gibb, 1998; Gregorini, 2012; Orr et al., 1997; Rook et al., 1994). En

adición, el ordeño influye sobre el patrón natural de comportamiento ingestivo del animal. Por lo tanto, las principales sesiones de pastoreo y las más intensas ocurren post ordeño (Balocchi et al., 2002), posiblemente por un efecto de ayuno a corto plazo (Rook et al., 1994). Bajo condiciones de pastoreo en franjas, este comportamiento ingestivo puede ser más pronunciado asociado a la rápida depleción del forraje disponible (Barrett et al., 2001).

La primera sesión de pastoreo inicia a minutos del amanecer, cuya motivación está mediada por el vaciado del tracto gastrointestinal y la demanda del hipotálamo por saciedad (Howery et al., 1998), debido a que las sesiones de rumia más largas e intensas ocurren durante la noche (Gregorini et al., 2008; Taweel et al., 2004; Thomson et al., 1985). Es así que, el vaciado del rumen sería el principal estímulo interno para comenzar a alimentarse en el momento de menor valor nutritivo del forraje (Gregorini et al., 2011). Inicialmente, la tasa de consumo es elevada debido a que el animal está estimulado y es así como el 70% de la pastura es ingerida en la primera mitad de la sesión de pastoreo (Chilibroste et al., 2007); luego disminuye conforme recibe estímulos post ingestivos de saciedad (Gregorini, 2012) y así, se incrementa el número de intervalos dentro de la sesión (Gibb, 1998). Cuando los animales alcanzan un determinado nivel de consumo, inicia un intervalo entre sesiones donde rumian, descansan y realizan otras actividades (Carvalho & De Moraes, 2005). A pesar de la alta motivación para consumir, la primera sesión de pastoreo del día tiene menor intensidad y duración respecto a la sesión del atardecer, con intervalos dentro de la sesión más largos (Rook et al., 1994). Las altas tasas de consumo de forraje fresco, la masticación efectiva reducida y las características biomecánicas del forraje consumido durante la sesión de pastoreo del amanecer, resultan en el consumo de partículas grandes con alto contenido de agua (Chilibroste et al., 1997, 1998). Estos fenómenos crean una sensación de llenado, a pesar de que el contenido ruminal sea bajo (Chilibroste et al., 2007; Taweel et al., 2004; Thomson et al., 1985), aumentando el tiempo de retención del forraje en el rumen y eventualmente logran restringir el consumo (Chilibroste et al., 2007, 2015). A su vez, el pastoreo al amanecer muestra las tasas más rápidas de aumento de las concentraciones de amoníaco en el rumen con relación a las otras sesiones (Chilibroste et al., 2000; Taweel et al., 2004). Por lo tanto, el llenado parcial y rápido del rumen, que podría modular la profundidad y el PB y desacelerar la TC, y el aumento de la concentración de amoníaco

ruminal explicarían la menor duración de la primera sesión de pastoreo (Gregorini et al., 2007; Gregorini, Soder, et al., 2009).

De forma general, la sesión del atardecer tiene mayor duración e intensidad respecto a la de la mañana (Gibb, 1998; Orr et al., 1997). Desde el punto de vista evolutivo, la fluctuación diurna de la composición química del forraje podría ser responsable de que los animales realicen la sesión de pastoreo más larga e intensa durante el anochecer, ya que esto les permitiría aumentar el consumo de nutrientes (Newman et al., 1995) y utilizar de forma más eficiente la fisiología de las plantas (Linnane et al., 2001). En este momento, debido a los procesos de fotosíntesis y transpiración que ocurren durante el día, los animales cosechan forraje de mayor digestibilidad (Gibb, 1998), producto de una mayor concentración de carbohidratos solubles, MS y ácidos grasos esenciales, que diluyen el contenido de fibra y proteína y facilita la degradación de partículas durante la digestión (Gregorini, 2012). Además, adoptan un comportamiento hiper-fágico, por lo que procuran el llenado del rumen hasta los máximos niveles, en búsqueda de una liberación más estable de nutrientes durante el período de no-pastoreo (noche), cuando el riesgo de depredación es mayor y aumenta la necesidad de vigilancia (Gregorini, 2012), ya que la actividad de pastoreo reduce el estado de alerta (Charnov et al., 1976). Las características de la sesión del atardecer se han asociado al intento de aumentar el suministro de nutrientes y el balance C:N al rumen y mejorar la fermentación y el suministro de nutrientes desde el rumen (Gregorini et al., 2008). Este fenómeno explicaría la preferencia por gramíneas respecto a las leguminosas durante la sesión del anochecer, ya que mantendría el llenado ruminal durante la noche por más tiempo y suministraría de forma más estable los nutrientes (Rutter, 2006).

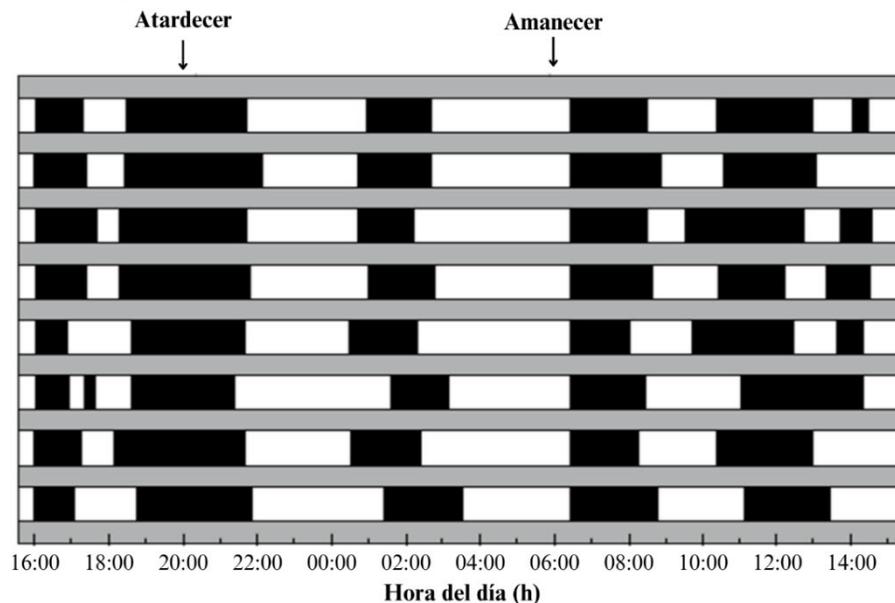
Como ya mencionado, la sesión de pastoreo del atardecer es la que realiza mayor aporte al consumo de forraje y de nutrientes. Dicha sesión, ocupa más del 45% del TP diario y está asociado a mayores valores de TB y PB, por ende, de TC (Gibb, 1998; Oborsky, 2021; Orr et al., 1997; Taweel et al., 2004). Esto es resultado del incremento en la velocidad de manipulación y masticación, asociado a la reducción en la proporción del tiempo dedicado a la selección de forraje y no al incremento en el número de movimiento mandibulares (Gibb et al., 1998). La elevada TC en adición a una mayor duración de la sesión permiten la maximización de la cosecha de forraje. Taweel et al. (2004) registraron en vacas lecheras un incremento de la tasa de bocado (13%), bocados por movimiento mandibular (8%), peso de

bocado (40%) y tasa de consumo (55%), y reducción de la tasa de masticación (54%) durante el atardecer respecto al amanecer.

Las sesiones de pastoreo que ocurren durante la noche tienen menor duración e intensidad (Gregorini, 2012). Estos eventos representan un bajo porcentaje del TP diario (10-15%) y la contribución al CMS diario es mínima (<10%) (Stobbs, 1970). En este momento predomina la actividad de rumia y de descanso (Chilibroste et al., 2010).

### Figura 3

#### *Patrón típico de pastoreo de vacas lecheras*



*Nota.* Barras negras representan períodos de pastoreo y barras blancas períodos de actividades que no son pastoreo. Adaptado de Gibb et al. (1998).

#### 2.3.3. Rumia

La rumia se ha definido como el proceso de regurgitación del contenido del rumen a la boca, remasticación y reinsalivación con la posterior deglución y retorno al rumen (Welch, 1982). Cumple una doble función en la ingestión y digestión, debido a que estimula la secreción de saliva que facilita la deglución debido a que proporciona lubricación y amortigua las disminuciones del pH ruminal (Mertens, 1997) y lo mantiene dentro del rango óptimo para la actividad microbiana (Kennedy, 1985; Ruckebusch, 1993). A través de la masticación, reduce el tamaño de las partículas del alimento, lo que aumenta la superficie expuesta para la fermentación por los microorganismos ruminales (Kennedy, 1985) y permite

el pasaje a través del orificio retículo-omasal. Los nutrientes suministrados por la pastura están disponibles solamente después de que el forraje es ingerido, masticado, deglutido y sujeto a la fermentación microbiana ruminal. La masticación ingestiva cumple un rol fundamental en liberar los nutrientes. Las tasas de reducción mecánica (masticación) y bioquímicas (fermentación microbiana) del tamaño de las partículas del forraje ingerido limitan el consumo de forraje a escala diaria (Spalinger et al., 1986; Wilmshurst et al., 1999) debido a que restringe la cantidad de tiempo disponible para pastorear (Lucas, 1983; Spalinger et al., 1986).

La regulación de la rumia se ha correlacionado con el nivel de fibra detergente neutro (FDN) del forraje y del tamaño de las partículas de la dieta (Allen, 1997). Restricciones físicas producto de la distensión del retículo-rumen a menudo limitan el CMS de vacas de alta producción o alimentadas con dietas ricas en forraje (Allen, 2000). La actividad de rumia (frecuencia, intensidad y duración) aumenta con la inclusión de niveles de fibra en la dieta (De Paula Mendes et al., 2012).

El patrón diurno de la rumia es circadiano y flexible, en función de la frecuencia de alimentación, características físicas y químicas de la dieta (Welch & Smith, 1969), el tiempo de alimentación, el ayuno, el fotoperíodo (Gordon & McAllister, 1970; Schirmann et al., 2012) y el manejo del pastoreo (Gregorini, 2012). El tiempo de rumia (TR) diario es resultado de la suma de las duraciones de las sesiones de rumia (Gibb, 1998). El TR máximo fisiológico es de 10 a 12 horas por día en vacas alimentadas con dietas altas en fibra (Welch, 1982), en cambio, animales alimentados con dietas mixtas rara vez alcanzan dichas duraciones (Watt et al., 2015). La mayor parte del tiempo que el animal rumia lo hace cuando está echado (Kilgour, 2012).

Los episodios de rumia varían en duración, normalmente entre 35 y 45 minutos, y rara vez superan los 60 minutos. Los patrones obtenidos mediante sensores mandibulares muestran un patrón rítmico de actividad mandibular intercalado con intervalos cortos, de 4 y 7 segundos en vacas lecheras, de inactividad mandibular durante los cuales el bolo masticado es deglutido y otro es regurgitado (Gibb, 1998). El TR alcanza su punto máximo aproximadamente 4 horas después de la alimentación (Schirmann et al., 2012). Las sesiones de rumia preceden a las sesiones de pastoreo (Balocchi et al., 2002), por lo que la distribución

del TR durante el día tiene un patrón similar al de pastoreo, sin embargo, está desfasado en el tiempo debido a que son actividades excluyentes (Orr et al., 2001).

#### 2.3.4. Otras actividades

Los episodios de rumia están frecuentemente separados por periodos de 50 a 60 minutos de duración, en los que hay poca o nula actividad mandibular. Debido a que se utilizó el término “inactividad” para describir lo que ocurre cuando no hay actividad ingestiva o de rumia, Gibb (1998) sugirió utilizar el término “otras actividades” ya que en este momento ocurre la sedimentación y estratificación de partículas y de la fase líquida en el rumen, acompañado de contracciones del tracto gastrointestinal y la eructación de los gases producto de la fermentación.

### 2.4. INTENSIDAD DE DEFOLIACIÓN Y RESPUESTA ANIMAL

Los animales en pastoreo poseen la capacidad de reflejar, a través de modificaciones en su comportamiento ingestivo, las características del ambiente pastoril al que está sometido. La estructura de la pastura se define como la disposición espacial de los componentes morfológicos de las plantas que se presenta al animal al momento de la ejecución del bocado (Carvalho et al., 2005). Esta es causa y consecuencia del proceso de pastoreo (Carvalho et al., 2009), y es la responsable, en última instancia, que define la cantidad de nutrientes ingeridos en pastoreo. En la pastura, el animal debe buscar y seleccionar su alimento, que se presenta en diferentes tipos de estructura, con calidad y abundancia variables en tiempo y espacio (O'Regain & Schwartz, 1995).

El manejo de la intensidad de defoliación determina la disposición del forraje y, por consiguiente, resultan en la adopción de diferentes patrones ingestivos de los animales a diferentes escalas de espacio-tiempo, debido a que influye sobre el método de búsqueda y aprehensión de forraje en el ambiente pastoril, con consecuencias sobre el desempeño de los animales. A su vez, tiene efectos directos sobre el crecimiento de la pastura, donde mayores intensidades de defoliación alcanzadas a través de menor altura remanente, impacta de forma negativa sobre el rebrote y la producción total de forraje (Chapman, 2016).

#### 2.4.1. Modificaciones del comportamiento asociadas a cambios en la pastura

Se ha identificado al PB como la principal variable en determinar el CMSF de los animales en pastoreo, por lo que es importante mantenerlo a lo largo del día para lograr un

elevado consumo. Sin embargo, bajo condiciones de pastoreo rotativo, la estructura de la pastura continuamente sufre modificaciones en la cantidad y calidad asociado al proceso de depleción del forraje y los cambios en el comportamiento ingestivo han sido asociados a adaptaciones de corto plazo, como la reducción del PB, a través de la profundidad del mismo, y de la TC (Gregorini, Gunter, et al., 2009; McGilloway & Mayne, 1996).

En pastoreo rotativo, el consumo logrado a lo largo del período de ocupación depende de la estructura de la pastura al ingreso de la franja y del número de horizontes que son explorados (estructura remanente). En el tiempo cero del *grazing down*, la pastura puede ser considerada como una superposición de estratos potencialmente pastoreables (Baumont et al., 2004). En la medida que los estratos superiores son removidos, la altura del forraje y la proporción de láminas foliares se reduce y consecuentemente afecta el consumo, como ya mencionado, a través de modificaciones en el PB, TB, TC y TP (Gibb et al., 1997). En este contexto, los animales son obligados a explorar estratos con menor cantidad de láminas foliares y mayor predominancia de tallos y material senescente (Amaral et al., 2013; Chacon & Stobbs, 1976).

Debido a la existencia de una proporcionalidad constante de remoción de forraje, donde la profundidad del bocado es una constante proporcional a la altura de las plantas, cuanto mayor es la altura de la pastura, mayor es la remoción realizada por los animales. En situaciones de remoción más intensa (altura remanente menor), al final del período de ocupación, la estructura resulta poco atractiva para el pastoreo, con menor proporción de láminas foliares y mayor proporción de tallos y material senescente. A partir de la reducción del ~40% de la altura inicial, ocurre una reducción lineal de la TC (figura 4) (Carvalho et al., 2019). Este punto coincide con la reducción lineal de la proporción de láminas y el aumento lineal de la proporción de tallos en el estrato de pastoreo. A su vez, ocurre un aumento de los movimientos mandibulares por unidad de materia seca ingerida (Fonseca et al., 2012). Es posible afirmar que el comportamiento de los animales es afectado por las estrategias de pastoreo resultantes de la manipulación de la estructura de la pastura a través de la definición de metas de alturas de pre y post pastoreo.

De los indicadores descriptivos del estado de la pastura, el PB tiene una correlación significativa con la altura de la pastura y la biomasa de hoja verde, más que con la biomasa

total (Orr et al., 2004). La altura de la pastura es el descriptor más fácil de determinar y el más utilizado para demostrar las relaciones entre el estado de la pastura, PB, TB y TC (Mezzalira et al., 2014).

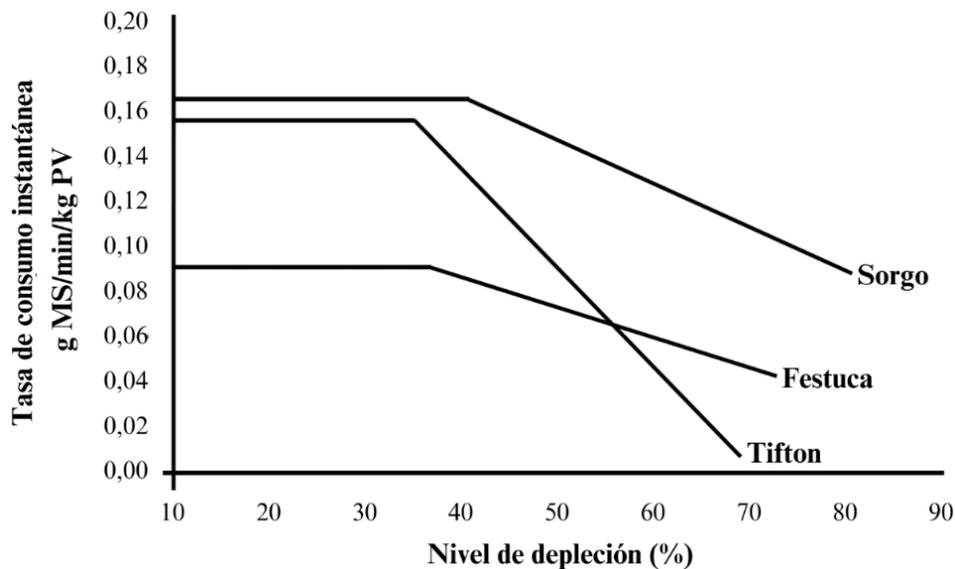
Como ya fue mencionado, existe una relación curvilínea entre la altura de la pastura y el PB (Laca et al., 1992), con incrementos decrecientes de este a medida que aumenta la altura la pastura. El proceso de depleción del forraje obliga al animal a explorar estratos de la pastura más bajos cuya relación hoja/tallo es menor por predominio de tallos y material senescente (Amaral et al., 2013; Chacon & Stobbs, 1976), que reduce la TC de forraje por menor PB (Gibb et al., 1997), determinado por la menor profundidad de este. Ante la reducción del PB, la respuesta comportamental de los animales consta de aumentar la TB, debido a la relación inversa de esta y el PB, a través de la reducción de la proporción de los movimientos mandibulares de manipulación del forraje cosechado en bocados más pequeños. El incremento de la TB permite una compensación parcial, por lo tanto, la TC se reduce y la vía de respuesta del animal es incrementar el TP diario, hasta que el incremento de este es insuficiente para compensar la disminución de la TC y del CMSF (Chilibroste et al., 2005, 2015).

Sin embargo, el incremento del tiempo dedicado al pastoreo, cuando el tiempo de acceso está restringido, está limitado por los requerimientos de tiempo para rumia y descanso (Chilibroste et al., 2015). En condiciones de restricción extrema, los animales pueden reducir el tiempo dedicado al pastoreo como mecanismo de ahorro energético (Hodgson, 1985). Con alturas ~4 cm y/o aumento en los requerimientos nutricionales de los animales (Rook et al., 1994), no hay adaptaciones posibles que compensen la reducción en el PB, por lo que el animal tiende a detener el pastoreo, al detectar una relación desfavorable entre el costo de cosecha y el consumo de energía (Rook et al., 2004). Mientras que Chico (2007) reportó que por debajo de los 6 cm disminuyó la probabilidad de que los animales realicen la actividad de pastoreo. Chilibroste (2002) reportó que por debajo de los 3 cm los animales no pastorean, por constituir una barrera física o porque rechazan pastorear un horizonte restrictivo. Por su parte, el área del bocado es menos sensible que la profundidad del bocado en respuesta a las características de la pastura.

En el contexto de incremento del TP como estrategia comportamental para mantener el CMSF ante la reducción de la altura de la pastura producto del proceso de depleción del forraje, con las respectivas consecuencias negativas sobre el PB (profundidad) y, por ende, sobre la TC, los animales lo realizan a través de una reducción en el número de sesiones de pastoreo y un incremento en la duración promedio de cada una (Carvalho, 2013; Werner et al., 2019). La estrategia es empleada hasta que la altura alcanza niveles críticos y ocurre una compensación parcial de la reducción de la TC y el CMS total disminuye (Hodgson et al., 1994; McGilloway & Mayne, 1996). Según Carvalho y De Moraes (2005) el número de sesiones de pastoreo es un indicador de calidad del ambiente pastoril.

#### Figura 4

*Tasa de consumo instantánea a partir de la depleción de la altura óptima*



*Nota.* Festuca (ovinos); sorgo (bovinos). Adaptado de Carvalho (2013).

La duración de cada sesión de pastoreo y el número de sesiones de pastoreo durante el día son modificados por la disponibilidad de forraje y los atributos de la pastura (Mezzalira et al., 2012). En situaciones de elevada disponibilidad y altura de la pastura, mayor es el número de sesiones de pastoreo y de menor duración cada una, reflejando la mayor velocidad de ingestión lograda. En estas condiciones, rápidamente se llena el rumen y los animales tienen ciclos rápidos de saciedad, realizando entre 6 y 8 sesiones de pastoreo a lo largo del día con una duración promedio de 40 minutos. En este sentido, la cantidad de intervalos entre sesiones es mayor y el animal destina más tiempo para otras actividades que no son el pastoreo (Silveira, 2001).

En la tabla 1 se presenta un resumen de estudios sobre el efecto de la intensidad de defoliación sobre variables asociadas al comportamiento en pastoreo, producción de leche y consumo.

**Tabla 1**

*Resumen de experimentos del efecto de la intensidad de defoliación sobre variables comportamentales y productivas*

Autor	Ambiente	Animales	Tratamientos	TP (min)	TR (min)	SP	Dur. SP	Dur. 1era SP	PL	Consumo	
Menegazzi et al. (2021)	<i>Festuca arundinacea</i> (EEMAC-Uruguay)	Vacas holando (n=27; 618 kg)	Altura remanente (cm)								
			Otoño-invierno	TC: 6	TC: 506	TC: 533	TC: 5,2	TC: 104	TC: 196	kg/d	kg MS/VO/d
				TM: 9	TM: 520	TM: 564	TM: 4,8	TM: 123	TM: 186	TC: 13,1	TC: 14,8
			Primavera	TL: 12	TL: 497	TL: 505	TL: 5,5	TL: 101	TL: 92	TM: 16,2	TM: 18,1
			TC: 9							TL: 17,5	
			TM: 12								
			TL: 15								
Fast (2020)	<i>Festuca arundinacea</i> (EEMAC-Uruguay) - Invierno	Un turno de acceso a la pastura (7:30 a 16:00) + 7,4 kg MS/VO/d	Vacas holando (n=24; 587 kg)	Altura remanente (cm)	TC: 374	TC: 329	TC: 2,6	TC: 158	TC: 209	kg/d	kg MS/VO/d
					TL: 327	TL: 370	TL: 2,9	TL: 122	TL: 158	TC: 25,6	Total
					TL: 12					TL: 27,6	TC: 19,7
										TL: 20,3	
										Forraje	
										TC: 12,6	
										TL: 13,2	
Fast (2020)	<i>Festuca arundinacea</i> (EEMAC-Uruguay) - Primavera	Vacas holando (n=24; 580 kg)	Altura remanente (cm)	TC: 488	TC – TL: 560	TC: 5,6	TC: 68	TC: 123	kg/d		
				TL: 454		TL: 5,8	TL: 59	TL: 117	TC: 15,3		
				TC: 9					TL: 16,9		
			TL: 15								

		Un turno de acceso a la pastura entre los ordeños (9 horas) + 4,4 kg MO ensilaje de maíz + 2 kg MO concentrado + 100 g minerales		Asignación de forraje (kg MO/VO)						kg OM/VO/d		
										Total		
										B: 13,9 M: 14,4 A: 14,9 Forraje		
										kg/VO/d		
										B: 23,9 M: 25,6 A: 26,4		
										B: 7,4 M: 7,9 A: 8,5		
Pérez-Prieto et al. (2011)	80% <i>Lolium perenne</i> + 15% <i>Trifolium repens</i> (INRA, Brittany, France) – (febrero-marzo/2008)	Vacas holando (n=18; 613 kg)	B: 438 M: 436 A: 415	B: 3,3 M: 3,1 A: 3,3	B: 150 M: 153 A: 137	B: 228 M: 150 A: 175	kg/VO/d	B: 23,9 M: 25,6 A: 26,4	kg/VO/d	kg MS/VO/d	B: 13,9 M: 14,4 A: 14,9 Forraje	B: 7,4 M: 7,9 A: 8,5
Pérez-Ramírez et al. (2009)	<i>Lolium perenne</i> (INRA, Brittany, France) – (febrero-marzo/2005)	4 u 8 horas de acceso a la pastura	Vacas holando (n=48; 599 kg)	S5-HA11: 5 kg MS suplemento + 11 kg MS AF	S10-HA7: kg MS AF	S5-HA11	S5-HA11	S5-HA11	S5-HA11	kg/VO/d	kg MS/VO/d	
						8 h: 352 4 h: 219	8 h: 3,3 4 h: 1,1	8 h: 113 4 h: 205	8 h: 187 4 h: 215	8 h: 21,9 4 h: 20,5	8 h: 16,3 4 h: 14,4	
						S10-HA7	S10-HA7	S10-HA7	S10-HA7	S10-HA7	S10-HA7	
						8 h: 301 4 h: 199	8 h: 3,5 4 h: 1,3	8 h: 95 4 h: 166	8 h: 165 4 h: 189	8 h: 22,6 4 h: 21,8	8 h: 18,1 4 h: 16,6	
Mattiauda et al. (2009)	<i>Festuca arundinacea</i> + <i>Trifolium repens</i> + <i>Lotus corniculatus</i> (EEMAC-Uruguay) – Invierno/Primavera (Setiembre/2004-Diciembre/2005)	3,0 kg MS/VO/d (01/07-30/9)	Vacas holando (n=24)	Altura remanente (cm)								
				T3: 3 T6: 6 T9: 9 T12: 12								
Soca et al. (2009)	<i>Festuca arundinacea</i> + <i>Trifolium repens</i> + <i>Lotus corniculatus</i> (EEMAC-Uruguay) – Invierno/Primavera (Octubre/2004-Diciembre/2005)	Ingreso con 17 ± 5 cm y 3.217 kg MS/ha	Vacas holando (n=24)	Altura remanente (cm)								
				T1: 3 T2: 6 T3: 9 T4: 12								

Nota. TP, Tiempo de pastoreo; TR, Tiempo de rumia; SP, Sesiones de pastoreo; Dur, Duración; PL, Producción de leche; MS, Materia Seca; MO, Materia Orgánica; VO, Vaca en ordeño; l, litros; d, días.

Chico (2007) sobre una pastura de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* y Mattiauda et al. (2009) sobre *Festuca arundinacea*, reportaron que los animales tendieron a aumentar la probabilidad de pastoreo a menor altura remanente y ocurrió a expensas de la reducción de la probabilidad de rumia y descanso; Fast (2020) reportó mayor TP en la mayor intensidad de defoliación y este se incrementó desde el inicio a mitad y fin del período de ocupación y fue proporcional a la reducción del TR durante las horas de acceso a la pastura. Este comportamiento es explicado por la relación excluyente y compensatoria entre las actividades (Dado & Allen, 1994; Gibb, 1998), debido a que el tiempo total de masticación es menos variable (Beauchemin, 2018). A su vez, Mattiauda et al. (2009), sobre *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* reportó una relación cuadrática entre el TP y la altura remanente, en la cual el mayor TP corresponde al tratamiento de mayor intensidad de defoliación (3 cm) resultado de un mecanismo de compensación para mantener el CMSF a pesar de la reducción del PB dada por reducción en la altura del forraje disponible (Chilibroste et al., 2005; Gibb, 2006). Mientras que, el TP mínimo lo alcanzó la altura remanente de 9 cm y este se incrementó en 12 cm, probablemente asociado a un mayor tiempo de búsqueda por un proceso de defoliación más selectivo, por ende, una cosecha de forraje de mayor calidad (Gibb, 2006) y también a un incremento en la heterogeneidad espacial, en altura y masa de forraje (Virkajärvi, 2004).

Según Fast (2020), con menor intensidad de defoliación no se modificó el TP y TR con los momentos del período de ocupación. Por otra parte, Menegazzi et al. (2021) no reportaron efectos de la intensidad de defoliación sobre el TP. Sin embargo, a intensidad de defoliación intermedia los animales destinaron más tiempo a pastorear al inicio que al final del período de ocupación, mientras que a menor intensidad tendieron a pastorear por menos tiempo al inicio, además de cambios en las otras escalas de comportamiento (estaciones alimentarias y sesiones de pastoreo). Pérez-Prieto et al. (2011) reportaron incrementos en el TP a menores asignaciones de forraje.

Con respecto al número de sesiones de pastoreo, la mayor intensidad de defoliación tendió a realizar un menor número de sesiones de mayor duración promedio de cada una, y también fue mayor la duración de la primera sesión de pastoreo (Menegazzi et al., 2021). Mientras que Fast (2020) no registró diferencias en el número de sesiones de pastoreo entre tratamiento y si un incremento de la duración promedio de estas y de la primera sesión desde

el inicio al medio y fin del período de ocupación. Por su parte, Menegazzi et al. (2021) reportaron un incremento de la duración de la primera sesión de pastoreo al final del período de ocupación para la menor intensidad de defoliación, mientras que, los tratamientos de mayor e intermedia intensidad no modificaron la duración. El tratamiento de menor intensidad registró mayor número de sesiones de pastoreo y no se diferenció de los otros tratamientos, y se redujo hacia el final del período de ocupación. La duración promedio de cada sesión fue mayor en la intensidad intermedia. El TR fue menor en la intensidad intermedia y al final del período de ocupación. Pérez-Prieto et al. (2011), no reportaron diferencias en la duración promedio y número de sesiones de pastoreo en función de la asignación de forraje.

En los trabajos revisados, el mayor CMS logrado a través de una mayor altura post pastoreo permitió alcanzar mayor producción de leche (Chico, 2007; Fast, 2020; Mattiauda et al., 2009; Menegazzi et al., 2021; Pérez-Prieto et al., 2011; Pérez-Ramírez et al., 2009; Soca et al., 2009). En el experimento de Fast (2020), las diferencias en producción de leche entre los tratamientos se produjeron en los dos últimos días de ocupación, a favor de la menor intensidad de defoliación, que fueron atribuidas al mayor CMS por la optimización de los requerimientos de rumia, pastoreo y descanso. Menegazzi et al. (2021), reportó que la menor altura post pastoreo redujo la TC y la digestibilidad estimada de la dieta cosechada, que a su vez redujeron el CMS y consecuentemente la producción de leche. También reportaron que el mecanismo de compensación empleado por la intensidad intermedia le permitió lograr niveles de producción de leche intermedios con igual CMS y menor digestibilidad respecto a la menor intensidad de defoliación (Tabla 4).

### 3. HIPÓTESIS

Una menor intensidad de defoliación lograda a través de una mayor altura post pastoreo aumentará el consumo de nutrientes y la performance individual a través de un comportamiento ingestivo más selectivo y con mayor eficiencia de consumo.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. OBJETIVOS GENERALES

Evaluar el efecto de la intensidad de defoliación en el consumo de materia seca y producción de leche y estudiar las respuestas comportamentales adoptadas por vacas lecheras de alta producción en un sistema mixto de alimentación.

### 4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar y estudiar el efecto de la defoliación en el comportamiento ingestivo en términos de tiempo diario de pastoreo, rumia y otras actividades, duración de la primera sesión de pastoreo y número y duración de las sesiones de pastoreo.
- Describir las relaciones entre el comportamiento ingestivo de las vacas y la performance productiva.
- Evaluar el impacto de la intensidad de defoliación en el consumo de materia seca y producción de leche.
- Evaluar el efecto de la intensidad de defoliación en la evolución de la condición corporal de las vacas.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El experimento se realizó en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” – EEMAC de la Facultad de Agronomía – Universidad de la República Uruguay (Paysandú, Uruguay, 32°S;58°O) durante el período de mayo a julio del año 2023.

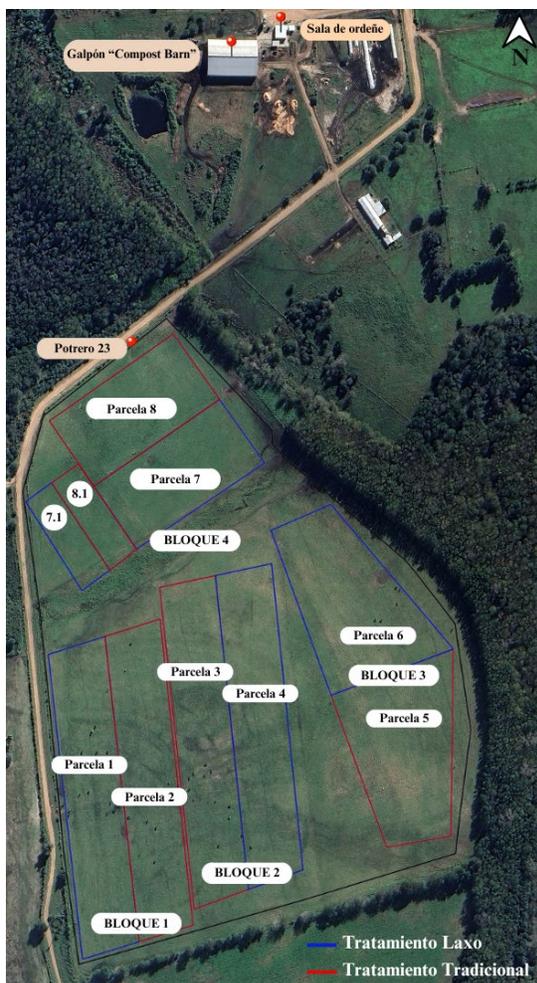
### 5.2. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

Se evaluaron dos tratamientos contrastantes en intensidad de defoliación, Tratamiento Tradicional (TT) y Tratamiento Laxo (TL), con altura promedio post pastoreo de 5-7 cm y 12-15 cm, respectivamente, sobre una pradera de *Lolium arundinaceum* de segundo año.

El diseño experimental consistió en un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro repeticiones (bloques) en el espacio, con una superficie total de 12,8 ha. Cada bloque fue dividido en dos parcelas de 1,6 ha y se asignaron al azar los tratamientos a cada una (figura 5), donde pastorearon 4 vacas en ordeño (VO) por parcela.

## Figura 5

*Ubicación de sala de ordeño, galpón, potrero 23 y distribución espacial de bloques y parcelas*



*Nota.* Elaborado a partir de imágenes satelitales de Google (2024).

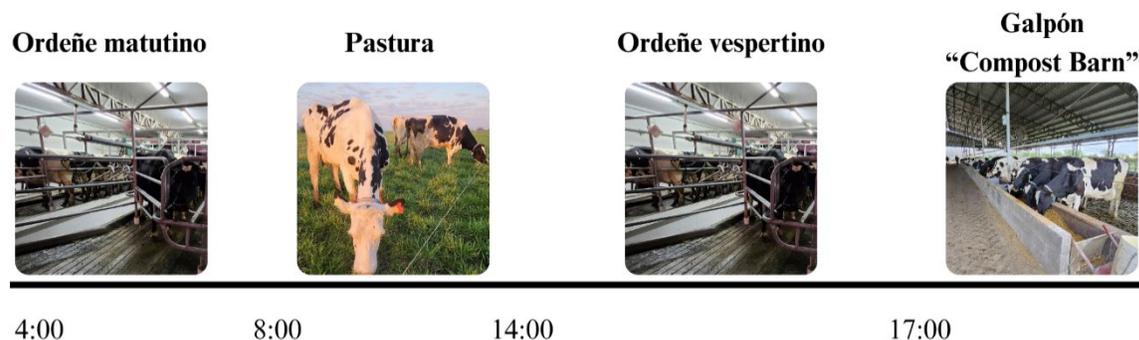
### 5.3. ANIMALES Y MANEJO GENERAL

Se utilizaron 32 vacas multíparas de la raza Holando con fecha de parto promedio de  $3/4/2023 \pm 14,5$  días, con condición corporal (CC) de  $3,3 \pm 0,04$  y peso vivo (PV) de  $665 \pm 12,9$ . Los animales fueron agrupados por fecha de parto, producción previa, peso vivo, condición corporal y número de lactancias ( $n= 16$  por tratamiento) y distribuidos al azar entre los tratamientos.

Se realizó el ordeño dos veces por día (4:00 y 16:00). Luego del ordeño matutino, los animales accedieron a la pastura, desde las 8:00 hasta 14:00 (figura 6). Posterior al ordeño vespertino, permanecieron en el galpón “Compost Barn” hasta el próximo ordeño.

### Figura 6

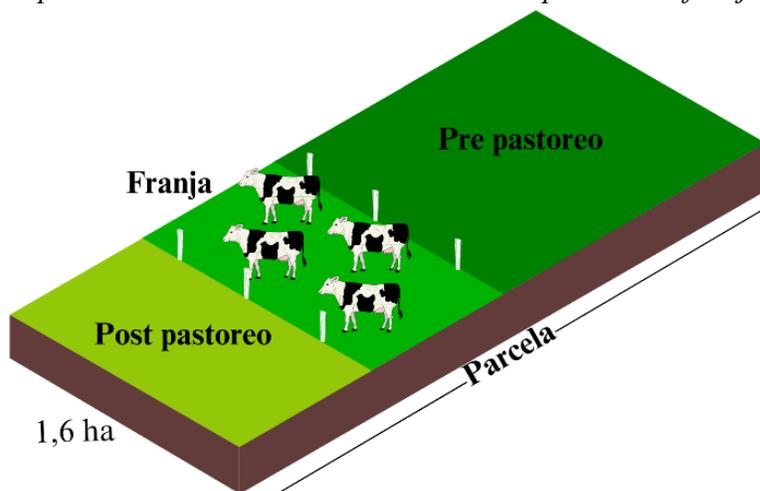
*Esquema de manejo de los animales durante el día*



Para alcanzar las alturas post pastoreo planteadas para cada tratamiento, cada parcela fue subdividida en franjas (figura 7) de diferentes áreas, con el objetivo inicial de 3 y 5 días de ocupación para el TT y TL, respectivamente. Los animales permanecieron en la parcela hasta alcanzar la altura objetivo del respectivo tratamiento. El criterio para el ingreso al pastoreo a la franja fue el mismo para ambos tratamientos, con 18-20 cm de altura promedio y/o 3 hojas por macollo. La carga animal inicial fue de 2,5 vacas/ha (4 vacas en 1,6 ha). Se registró el uso real de área para cada ciclo de pastoreo para cada grupo de 4 vacas. Debido a que el presente estudio no tiene como objetivo la discusión de la productividad por área, se presentan y se discuten únicamente los datos relacionados a la producción individual. Las 4 vacas de un mismo grupo se mantuvieron juntas entre sí y separadas de los demás grupos durante todo el experimento tanto en las horas de acceso al pastoreo como en el galpón (figura 8).

**Figura 7**

*Representación de la subdivisión de cada parcela en franjas*



En el galpón “Compost Barn” se les suministró una dieta parcialmente mezclada (DPM) y tuvieron acceso a agua (figura 8). La composición de la DPM consistió en ensilaje de maíz y/o sorgo y concentrado comercial, con una relación forraje:concentrado promedio de 37:63 y la composición química se detalla en la tabla 2 . La oferta de la DPM fue igual para los dos tratamientos, en los corrales de cada grupo de 4 vacas. La cantidad de suplemento ofrecido varió en función de la tasa de crecimiento de la pastura con el objetivo de maximizar el consumo de pasto cosechado directamente. Estas condiciones se mantuvieron durante todo el período experimental.

**Tabla 2**

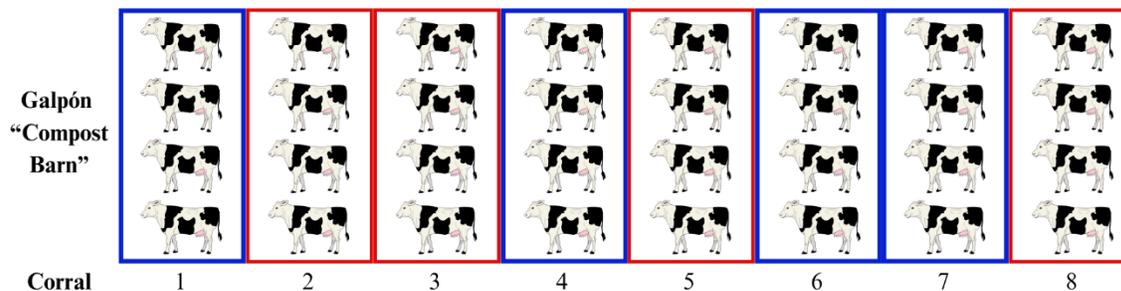
*Composición química de la dieta parcialmente mezclada (DPM)*

<b>Nutriente, % MS</b>	
Proteína cruda	17,8
Energía neta de lactación, Mcal/kg MS	1,7
Fibra detergente ácida	22,9
Fibra detergente neutra	40,3
Almidón	19,8
Cenizas	9,2
Extracto etéreo	3,4

*Nota.* Datos de la formulación, según composición química de los ingredientes.

**Figura 8**

*Esquema del grupo de cuatro vacas en cada corral del galpón “Compost Barn”*



#### 5.4. DETERMINACIONES

Se realizaron determinaciones a nivel del animal y de la pastura en dos periodos diferentes, un período de evaluación general que abarcó toda la duración del experimento, entre los meses de abril y julio (figura 9); y un período de mediciones específicas, que comprendió los días 3 al 7 y 18 al 22 de julio (figura 9), que serán referidos como semanas. Las determinaciones realizadas durante el período de mediciones específicas se realizaron en dos franjas de cada parcela con 5 días de ocupación.

##### 5.4.1. En el animal

###### 5.4.1.1. Producción y composición de leche

La producción de leche individual (kg/vaca/día) se registró diariamente y de forma automática en cada ordeño, durante el período de evaluación y el período de mediciones específicas. Cada 15 días, se tomaron muestras individuales de leche en ambos ordeños, matutino y vespertino, para determinar la concentración de grasa, proteína y lactosa mediante espectroscopía del infrarrojo medio (MIR) (Milko-Scan, Foss Electric, Hillerød, Denmark). Adicionalmente, durante la primera semana del período de mediciones específicas, se tomaron las muestras individuales de leche el primer, tercer y último día de ocupación de la franja, para análisis de composición.

###### 5.4.1.2. Comportamiento ingestivo

Durante las dos semanas del período de mediciones específicas se equiparon a los animales con registradores automáticos (RumiWatchSystem®), que registran de forma continua los movimientos mandibulares, permitiendo diferenciar las actividades de

pastoreo/alimentación y rumia, para obtener el TP, TR, duración de la primera sesión de pastoreo, número y duración de cada sesión de pastoreo y rumia.

#### 5.4.1.3. Consumo de forraje y suplemento

El CMSF (kg MS/vaca/día) se estimó mediante balance energético según ecuaciones de National Academies of Sciences, Engineering and Medicine (NASEM, 2021), como los kg de forraje necesarios para satisfacer los requerimientos de energía neta de lactación (ENL) del animal que no provino del suplemento. Los requerimientos de ENL se estimaron como la suma de los requerimientos de mantenimiento, actividad y lactación, considerando la energía aportada o requerida por la pérdida o ganancia de PV. Al no contar con el valor real de concentración energética de la pastura, se utilizó para los cálculos el valor promedio de 1,55 Mcal ENL/kg MS obtenido de tabla, para ambos tratamientos.

Para determinar el CMS de suplemento (CMSS; kg MS/vaca/día), una vez a la semana se pesó el ofrecido y el desperdicio de cada comedero y se tomaron muestras del ofrecido y del desperdicio para análisis del contenido de MS. El CMSS fue calculado como la diferencia entre el ofrecido y el desperdicio.

#### 5.4.1.4. Peso vivo y condición corporal

Se pesaron los animales cada 30 días con balanza electrónica posterior al ordeño matutino y semanalmente se registró la CC en una escala de 1 a 5 (Ferguson et al., 1994) por un mismo observador al ordeño vespertino.

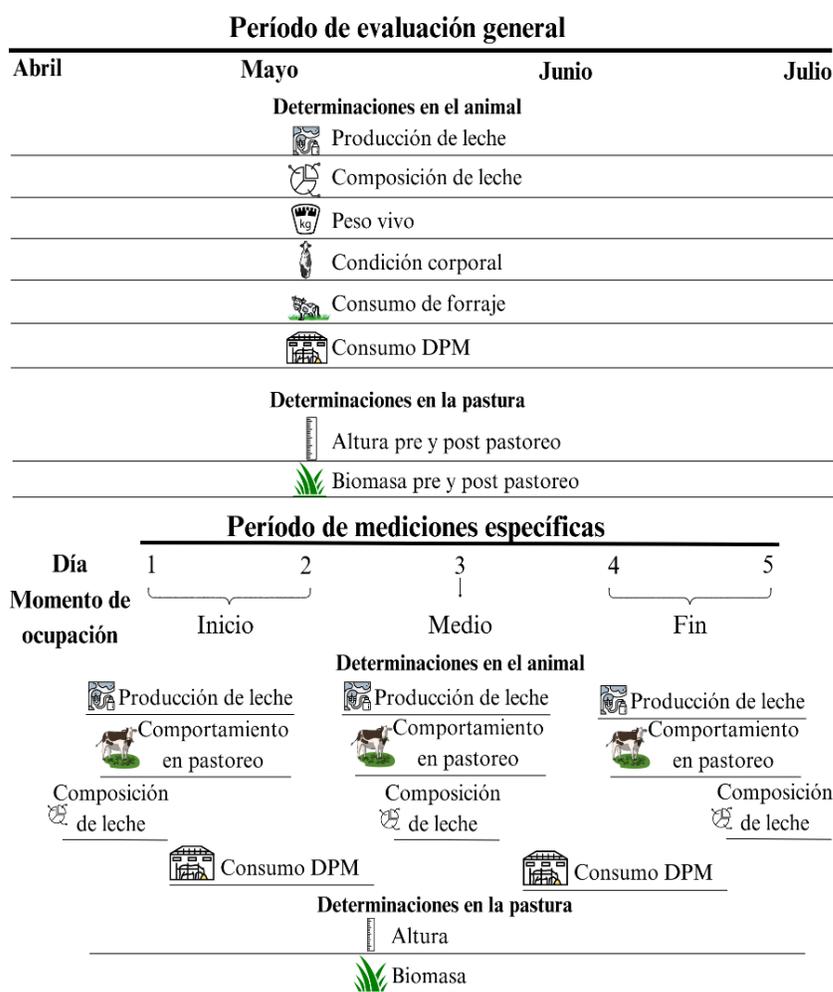
#### 5.4.2. En la pastura

Para determinar la altura, pre y post pastoreo, se utilizó una regla graduada en centímetros (Sward Stick) (Barthram, 1985) y para determinar la biomasa de forraje se utilizó el plato (Rising Plate Meter® - RPM - Ashgrove Co., Palmerston North, New Zealand). De forma diaria, se monitoreó la altura y biomasa hasta que la franja alcanzaba la altura objetivo de cada tratamiento y así, los animales abandonaban la franja. La metodología seguida fue realizar trayectorias en zigzag en la franja. También, se monitoreó la altura y el estado fenológico de la pastura a través del conteo de hojas por macollo para definir el momento de iniciar un nuevo ciclo de pastoreo.

Para la determinación de la biomasa, se realizó una calibración pre y post pastoreo cada 30 días aproximadamente, para lo cual se utilizó una adaptación de la técnica descrita por Haydock y Shaw (1975). Para ello, se seleccionaron tres puntos (escala 1 a 3) con tres réplicas cada uno, donde se midió la altura con el RPM y se registró el estado fisiológico (número de hojas por macollo). En cada punto se cortó al ras del suelo utilizando un cuadro de 30 x 32 cm. Para determinar el contenido de MS, se coloraron las muestras obtenidas en estufas de circulación forzada de aire por 48 horas a 60°C hasta alcanzar peso constante. Luego se generaron ecuaciones de regresión lineal relacionando la altura RPM con la biomasa por ha.

### Figura 9

*Esquema de las variables medidas durante el período de evaluación general y de mediciones específicas*



## 5.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados con el programa SAS (SAS® University Edition, SAS Institute Inc., Cary, NC, EE.UU.). La vaca fue considerada la unidad experimental para las variables de producción y composición de leche, comportamiento en pastoreo, PV y CC. Mientras que el grupo de 4 vacas (corral/parcela) fue considerada la unidad experimental para las variables de consumo. El comportamiento en pastoreo de los animales se analizó según el momento de ocupación de la franja, al inicio (I; promedios del día 1 y 2), a la mitad (M; día 3) y al final (F; promedios del día 4 y 5).

Todas las variables fueron analizadas usando el procedimiento GLIMMIX de SAS. En el periodo de evaluación general, las variables de producción y composición de leche y PV fueron analizadas como medidas repetidas en el tiempo con un modelo mixto considerando el efecto fijo de tratamiento, mes, la interacción tratamiento  $\times$  mes y bloque; y el efecto aleatorio de parcela/corral. Las variables de consumo y la CC fueron analizadas de la misma manera, pero cambiando efecto mes por semana.

Salvo excepciones, todas las variables del período de mediciones específicas fueron analizadas como medidas repetidas en el tiempo con un modelo mixto considerando el efecto fijo de tratamiento, momento de ocupación, la interacción tratamiento  $\times$  momento de ocupación y bloque; y el efecto aleatorio de parcela/corral. El mismo modelo fue utilizado para las variables de consumo, sin considerar el efecto momento de ocupación.

Todas las variables presentaron distribución normal. Las medias de los diferentes tratamientos se compararon utilizando la prueba de Tukey-Kramer. Se consideró que existía una diferencia significativa entre las medias cuando el valor de  $p$  era menor que 0,05 ( $p < 0,05$ ). Además, se identificaron tendencias cuando los valores de  $p$  estaban entre 0,05 y 0,10 ( $0,05 < p \leq 0,10$ ).

## 6. RESULTADOS

### 6.1 PERÍODO DE EVALUACIÓN GENERAL

#### 6.1.1 Condiciones meteorológicas - temperatura y precipitaciones

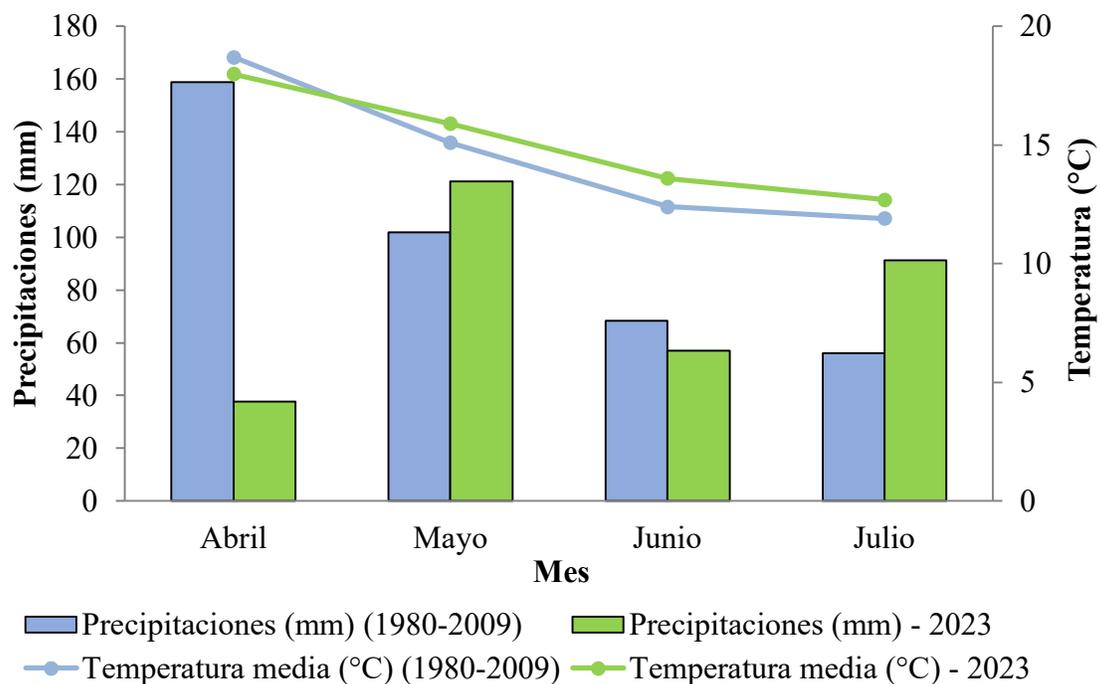
A partir de los datos obtenidos de la Estación Meteorológica Automatizada de la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (2023) y de la serie histórica 1980-2009 (Castaño et al., 2011), se realizó la comparación de la temperatura media, mínima y máxima mensual y de las precipitaciones acumuladas del período abril-julio del año 2023 con la serie histórica para el mismo período.

La temperatura media registrada durante los meses del período abril-julio fue 14,5 y 15,1°C para el año 2023 y para la media histórica, respectivamente (Figura 10). La mayor diferencia, de 1,2°C, se registró en el mes de junio (13,6 vs 12,4°C, para el año 2023 y la serie histórica, respectivamente). La temperatura mínima para el período del año 2023 superó en 1,1°C promedio respecto a la serie histórica, donde la mayor diferencia registrada fue en el mes de julio (8,9 vs 6,9°C). Por su parte, la temperatura máxima fue superior en el período del año 2023 en los meses de mayo y junio (20,9 vs 20,2°C y 17,6 vs 17,1°C), mientras que, en el mes de abril y julio, la temperatura máxima fue similar en el año 2023 respecto a la serie histórica (24,1 vs 23,7°C y 16,7 vs 17,0°C, para abril y julio, respectivamente).

Las precipitaciones acumuladas durante el período abril-julio fueron 307 y 385 mm para el año 2023 y la serie histórica, respectivamente. Las precipitaciones registradas en el mes de mayo y julio del año 2023 fueron de 121 y 91 mm, que superaron a la serie histórica en 19 y 63%, respectivamente. Mientras que, en el mes de abril y junio del año 2023, las precipitaciones acumuladas fueron 76 y 17% inferior a la serie histórica.

**Figura 10**

*Temperaturas medias (°C) y precipitaciones mensuales acumuladas (mm/mes)*



*Nota.* Elaborado a partir de datos de Castaño et al. (2011) y Estación Meteorológica Automatizada de la Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni" (2023).

#### 6.1.2 Características de las condiciones de pastoreo, consumo de forraje y DPM

En la tabla 3 se presentan los resultados de días de ocupación, biomasa (kg MS/ha) y altura (cm) de forraje pre y post pastoreo de cada tratamiento para el período de evaluación general.

**Tabla 3***Características del pastoreo para el período de evaluación general (abril–julio)*

	Tratamientos <sup>1</sup>	
	TL	TT
Días de ocupación	4,5	3,8
<b>Biomasa (kg MS/ha) a nivel del suelo</b>		
Pre pastoreo	2.946	2.921
Post pastoreo	2.308	1.344
<b>Altura (cm)</b>		
Pre pastoreo	22,6	22,6
Post pastoreo	14,1	7,6
Depleción (% altura inicial)	38	66

*Nota.*<sup>1</sup>TT, Tratamiento Tradicional; TL, Tratamiento Laxo.

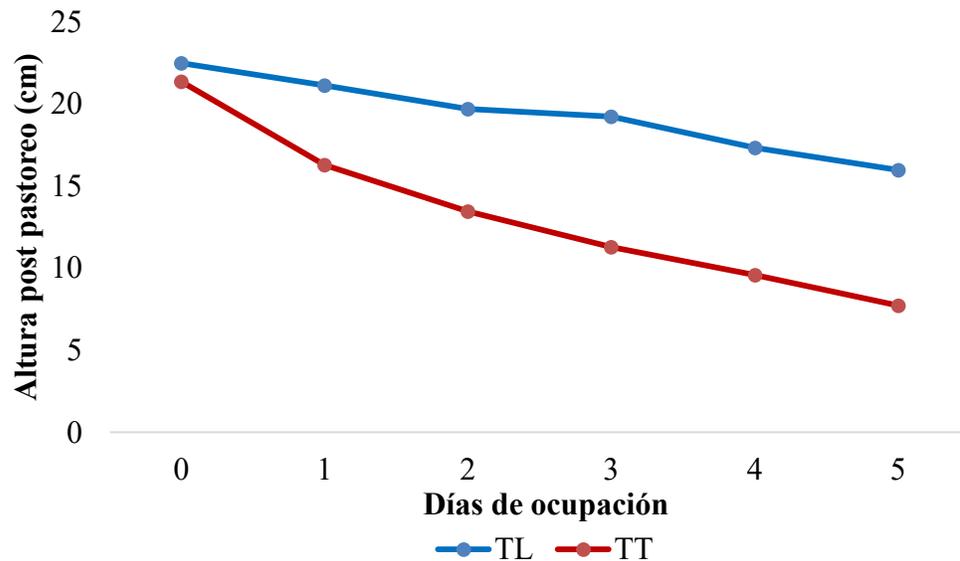
La altura y biomasa pre pastoreo fueron iguales en ambos tratamientos. La altura remanente (post pastoreo) alcanzada en el TL se encuentra dentro del rango objetivo del tratamiento (12-15 cm), y si bien, en el TT excede el rango objetivo del tratamiento (5-7 cm), se logró mantener las intensidades de defoliación contrastantes planteadas.

El CMSS fue de 13,6 y  $13,3 \pm 2,55$  kg MS/vaca/día para el TT y el TL, respectivamente. El mayor CMSS se registró en la semana 8 de estudio para ambos tratamientos, debido a que lo ofrecido fue mayor respecto al resto de las semanas. El desperdicio fue de 4,8 y  $7,3 \pm 1,43$  % para el TT y el TL, respectivamente. Se encontraron diferencias en el consumo de forraje entre tratamiento y las semanas de estudio ( $p < 0,05$ ), mientras que la interacción entre tratamiento y semanas de estudio no fue significativa ( $p > 0,05$ ). El consumo de forraje fue de 12,0 y  $9,1 \pm 0,75$  kg MS/vaca/día para el TL y el TT, respectivamente. El menor CMSF ocurrió cuando el CMSS fue el más alto (figura 12).

En la figura 11 se presenta la dinámica de reducción de la altura promedio de dos semanas de mediciones, durante los cinco días del período de ocupación.

**Figura 11**

*Dinámica de reducción de la altura durante los días del período de ocupación*

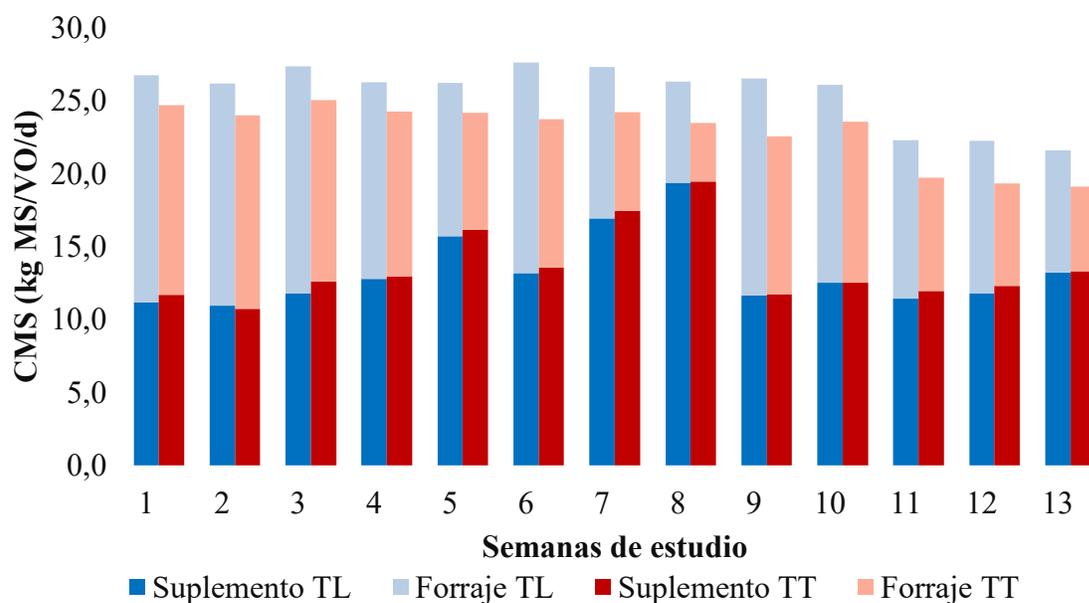


*Nota.* TL, Tratamiento Laxo. TT, Tratamiento Tradicional.

La altura del forraje pre pastoreo (día 0) fue igual para ambos tratamientos y conforme transcurren los días de ocupación, por el efecto del pastoreo, ocurre la depleción del forraje. Dada la mayor intensidad de defoliación del TT respecto al TL, la tasa a la que se reduce la altura del forraje es mayor y finaliza el período de ocupación con menor altura post pastoreo conforme a lo planteado.

**Figura 12**

Consumo de materia seca de forraje (Forraje) y de suplemento (Suplemento)



Nota. TT, Tratamiento Tradicional; TL, Tratamiento Laxo.

### 6.1.3 Producción y composición de leche

En la tabla 4 se presentan los resultados de producción y composición de leche para ambos tratamientos durante el período de evaluación general.

**Tabla 4**

Producción y composición de leche durante el período de evaluación general (abril-julio)

	Tratamientos <sup>1</sup>			<i>p</i> -valor		
	TT	TL	DE	T	M	T×M
Producción de leche (kg/VO/día)	36,2	38,9	0,54	0,031	<0,0001	0,596
Concentración de grasa (%)	3,75	3,62	0,101	0,439	0,002	0,907
Concentración de proteína (%)	3,28	3,25	0,039	0,578	0,003	0,067
Concentración de lactosa (%)	4,86	4,87	0,029	0,884	0,330	0,001
Concentración de sólidos totales (%)	11,90	11,74	0,127	0,406	0,0002	0,205

Nota. VO: vaca en ordeño. <sup>1</sup>Tratamientos: TT, Tratamiento Tradicional; TL, Tratamiento Laxo. DE: Desvío Estándar. T, Tratamiento. M, Mes. T×M, Interacción Tratamiento × Mes.

Durante el período de evaluación general, se encontraron diferencias en la producción de leche entre los tratamientos, la cual fue 2,7 kg/vaca/día superior en el TL respecto al TT. También, se encontraron diferencias entre los meses del período de evaluación, siendo los de mayor producción, abril, mayo y junio, mientras que, el de menor producción fue julio (tabla 5). Debido a que la interacción no fue significativa, ambos tratamientos presentaron la misma evolución a través de los meses del período manteniendo las diferencias entre ellos.

**Tabla 5**

*Efecto mes sobre la producción de leche durante el período de evaluación general (abril-julio)*

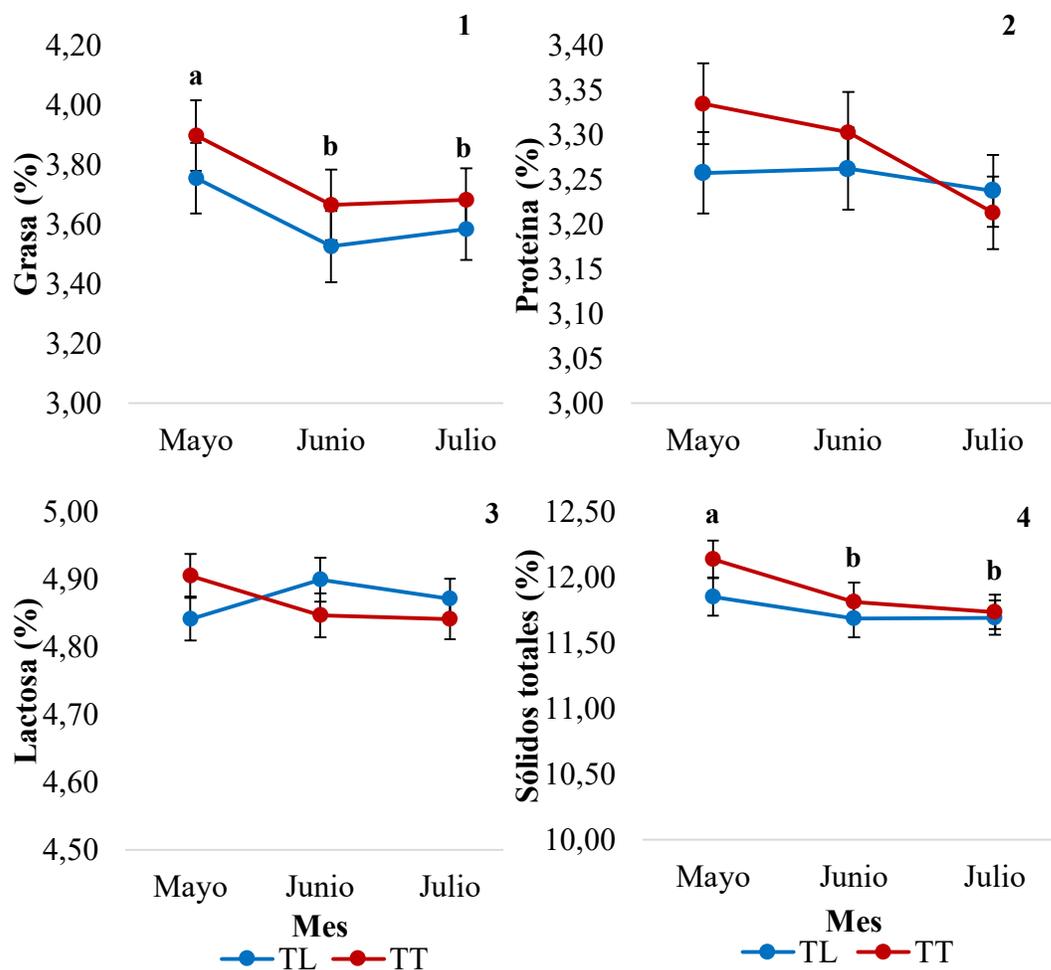
Mes	Producción de leche (kg/VO/día)	DE
Abril	38,3 <sup>a</sup>	0,65
Mayo	37,8 <sup>a</sup>	0,50
Junio	38,6 <sup>a</sup>	0,46
Julio	35,5 <sup>b</sup>	0,48

*Nota.* <sup>a-b</sup> Las medias dentro de una columna con diferentes letras minúsculas en superíndice difieren ( $p < 0,05$ ). VO: vaca en ordeño. DE: Desvío Estándar.

Respecto a la composición de la leche, no se encontraron diferencias entre tratamientos en cuanto a la concentración de grasa, proteína, lactosa y sólidos totales. Se encontraron diferencias en la concentración de grasa y sólidos entre los meses del período de evaluación. La concentración de grasa y de sólidos totales disminuyeron desde el mes de mayo a junio y julio. La interacción entre tratamientos y mes de la concentración de proteína tendió a ser significativa, por lo que en el TT tendió a disminuir desde el mes de mayo y junio hasta julio. Por su parte, la interacción entre tratamientos y mes de la concentración de lactosa fue significativa, donde en el TL aumentó hacia el mes de junio y no difirió entre mayo y julio. Mientras que, en el TT, la concentración de lactosa se redujo desde el mes de mayo a junio y julio (figura 13).

**Figura 13**

*Evolución de la composición de leche durante el período de evaluación general (abril-julio)*



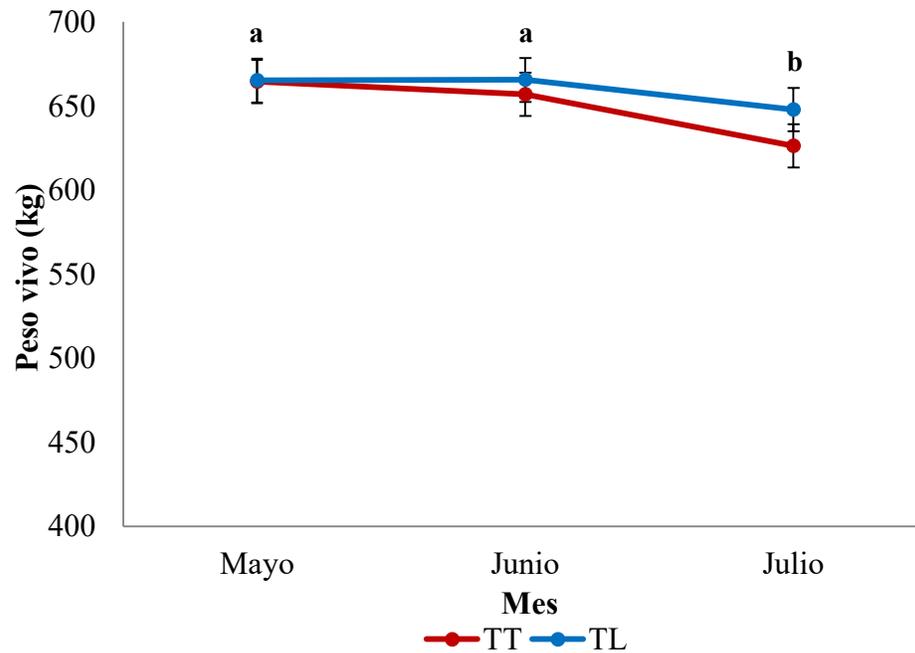
*Nota.* TT, Tratamiento Tradicional; TL, Tratamiento Laxo. Diferentes letras minúsculas difieren entre los meses ( $p < 0,05$ ).

#### 6.1.4 Peso vivo y condición corporal

En la figura 14 se presenta la evolución del PV durante el período de evaluación para ambos tratamientos.

**Figura 14**

*Evolución del peso vivo (PV) durante el período de evaluación (abril-julio)*



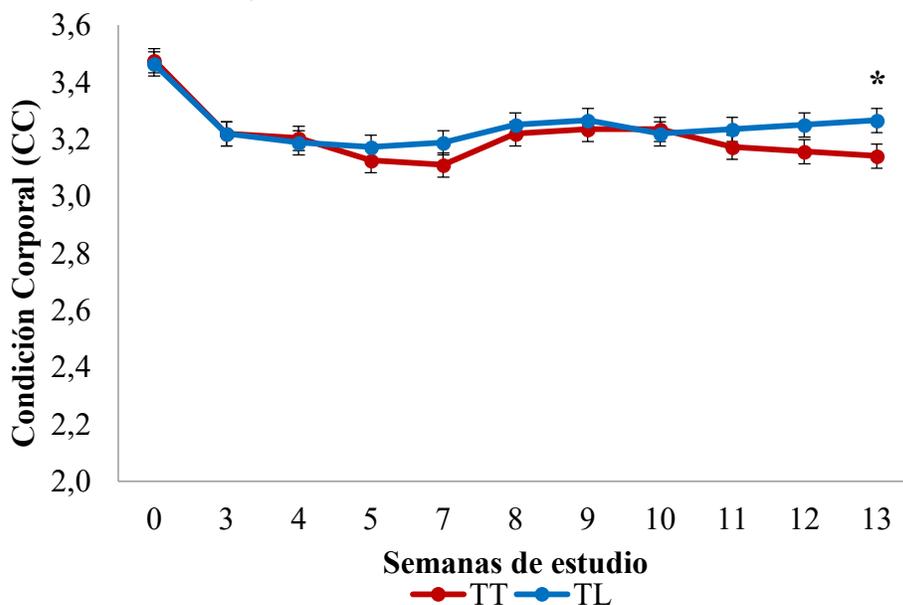
*Nota.* TT, Tratamiento Tradicional; TL, Tratamiento Laxo. Letras minúsculas difieren entre los meses ( $p < 0,05$ ).

Respecto al PV, la interacción entre tratamientos y mes fue significativa. El PV promedio para el período de evaluación fue de  $654 \pm 12,6$  kg y este se redujo desde el mes de mayo a julio ( $665 \pm 9,1$  vs  $637 \pm 9,1$  kg).

En la figura 15 se presenta la evolución de la CC durante el período de evaluación para ambos tratamientos.

**Figura 15**

*Evolución de la condición corporal (CC) durante el período de evaluación (abril-julio)*



*Nota.* TT, Tratamiento Tradicional; TL, Tratamiento Laxo. Semana 0: parto.

\*Diferencia entre tratamientos ( $p < 0,05$ ).

La CC promedio del período de evaluación fue de  $3,2 \pm 0,03$  (figura 15) y debido a que la interacción entre tratamientos y semanas de estudio fue significativa, la CC se diferenció entre los tratamientos en la semana 13 de estudio ( $3,3$  vs  $3,1 \pm 0,04$  para el TL y TT, respectivamente).

## 6.2. PERÍODO DE MEDICIONES ESPECÍFICAS

### 6.2.1. Consumo de materia seca de forraje y de suplemento

Durante el periodo de mediciones específicas, el promedio de altura de ingreso al pastoreo fue de 22,5 y 21,4 cm para el TL y TT, respectivamente. La altura remanente fue de 16,0 y 7,7 cm para el TL y TT, respectivamente, lo que corresponde a 29 y 64% de depleción del forraje (como % de la altura inicial). A pesar de que el promedio de la altura remanente lograda en cada tratamiento supera el rango objetivo de cada uno, se logró mantener las intensidades de defoliación contrastante planteadas. El CMSS fue de 12,2 y 12,4 kg MS/vaca/día para el TL y TT, respectivamente.

### 6.2.2. Producción y composición de leche

Durante el período de mediciones específicas se encontraron diferencias en la producción de leche (kg/vaca/día) entre tratamiento y entre momento de ocupación. Sin embargo, la interacción entre tratamiento y momento de ocupación no fue significativa. La producción de leche fue 4,1 kg/vaca/día superior en el TL respecto al TT, y fue superior al inicio y medio del período de ocupación con relación al final. La composición de la leche no difirió entre tratamiento y entre momento de ocupación y la interacción entre tratamiento y momento de ocupación no fue significativa (tabla 6).

### 6.2.3. Comportamiento ingestivo

En la tabla 6 se presentan los resultados de comportamiento ingestivo en cuanto a tiempo diario de pastoreo y rumia, duración de la primera sesión de pastoreo y número y duración de las sesiones de pastoreo y rumia.

**Tabla 6***Efecto del tratamiento y momento de ocupación sobre producción y composición de leche y comportamiento*

	Tratamientos <sup>1</sup>			Momento de ocupación <sup>2</sup>				<i>p</i> -valor		
	TT	TL	DE	I	M	F	DE	T	MO	T×MO
<b>Producción y composición de leche</b>										
Producción de leche (kg/VO/día)	33,2	37,3	1,02	35,6 <sup>a</sup>	35,7 <sup>a</sup>	34,5 <sup>b</sup>	0,63	< 0,001	< 0,001	0,648
Concentración de grasa (%)	3,65	3,57	0,150	3,66	3,64	3,53	0,129	0,723	0,528	0,233
Concentración de proteína (%)	3,17	3,18	0,029	3,17	3,19	3,17	0,034	0,801	0,830	0,873
Concentración de lactosa (%)	4,85	4,85	0,029	4,84	4,85	4,86	0,029	0,997	0,833	0,839
Concentración de sólidos (%)	11,00	11,60	0,172	11,67	11,68	11,55	0,151	0,784	0,668	0,392
<b>Pastoreo</b>										
Tiempo de pastoreo (minutos/día)	306	291	8,6	290 <sup>b</sup>	301 <sup>ab</sup>	304 <sup>a</sup>	7,9	0,260	0,042	0,852
Duración de primera SP (minutos)	174	139	8,5	151	157	160	8,2	0,044	0,546	0,411
Número de SP	2,8	3,4	0,17	3,0 <sup>ab</sup>	3,4 <sup>a</sup>	2,8 <sup>b</sup>	0,15	0,016	0,010	0,070
Duración promedio de SP (minutos)	113	89	6,9	99	94	110	6,8	0,012	0,088	0,458
<b>Rumia</b>										
Tiempo de rumia (minutos/día)	456	461	15,7	470 <sup>a</sup>	443 <sup>b</sup>	463 <sup>a</sup>	14,6	0,736	0,010	0,011
Tiempo de rumia pastura (minutos)	106	108	6,4	98 <sup>b</sup>	107 <sup>ab</sup>	117 <sup>a</sup>	5,7	0,810	< 0,001	0,347
Número de SR	12,7	13,4	0,50	13,6 <sup>a</sup>	12,5 <sup>b</sup>	13,0 <sup>ab</sup>	0,43	0,345	0,040	0,744
Duración promedio de SR (minutos)	37	36	2,3	36	37	37	2,1	0,608	0,621	0,584

*Nota.* <sup>a-b</sup> Las medias dentro de una fila con diferentes letras minúsculas en superíndice difieren ( $p < 0,05$ ). VO: vaca en ordeño.

<sup>1</sup>Tratamientos (T): TT, Tratamiento Tradicional; TL, Tratamiento Laxo. DE: Desvío Estándar. <sup>2</sup>Momento de ocupación (MO): I, Inicio; M, Medio, F, Fin. SP, Sesiones de pastoreo. SR, Sesiones de rumia. T×M, Interacción Tratamiento × Momento de ocupación.

El tiempo de pastoreo no fue afectado por el tratamiento y la interacción entre tratamiento y momento de ocupación no fue significativa. Sin embargo, se diferenció entre los momentos de ocupación, donde fue menor al inicio que al final (figura 16).

La duración de la primera sesión de pastoreo se diferenció entre tratamientos, la cual fue 36 minutos superior en el TT respecto a TL. Esta no se modificó según el momento de ocupación y no existió interacción entre tratamiento y momento de ocupación.

Respecto al número de sesiones de pastoreo, la interacción entre tratamiento y momento de ocupación tendió a ser significativa (tabla 6). Analizando la comparación de pares, al inicio y medio del período, el número de sesiones fue mayor en el TL respecto al TT, mientras que al final no se reportaron diferencias entre ellos. En el TL, el número de sesiones realizadas aumentó desde el inicio al medio del período de ocupación, y disminuyó hacia el final, mientras que entre el inicio y fin tendieron a ser diferentes. En el TT, el número de sesiones de pastoreo no se modificó con el momento de ocupación.

**Tabla 7**

*Efecto del tratamiento y momento de ocupación sobre el número de sesiones de pastoreo*

Número de sesiones de pastoreo	Tratamientos <sup>1</sup>		
	TT	TL	DE
Inicio	2,8	3,3	0,20
Medio	2,8	3,9	0,22
Fin	2,7	3,0	0,22

*Nota.* <sup>1</sup>Tratamientos: TT, Tratamiento Tradicional; TL, Tratamiento Laxo. DE: Desvío Estándar.

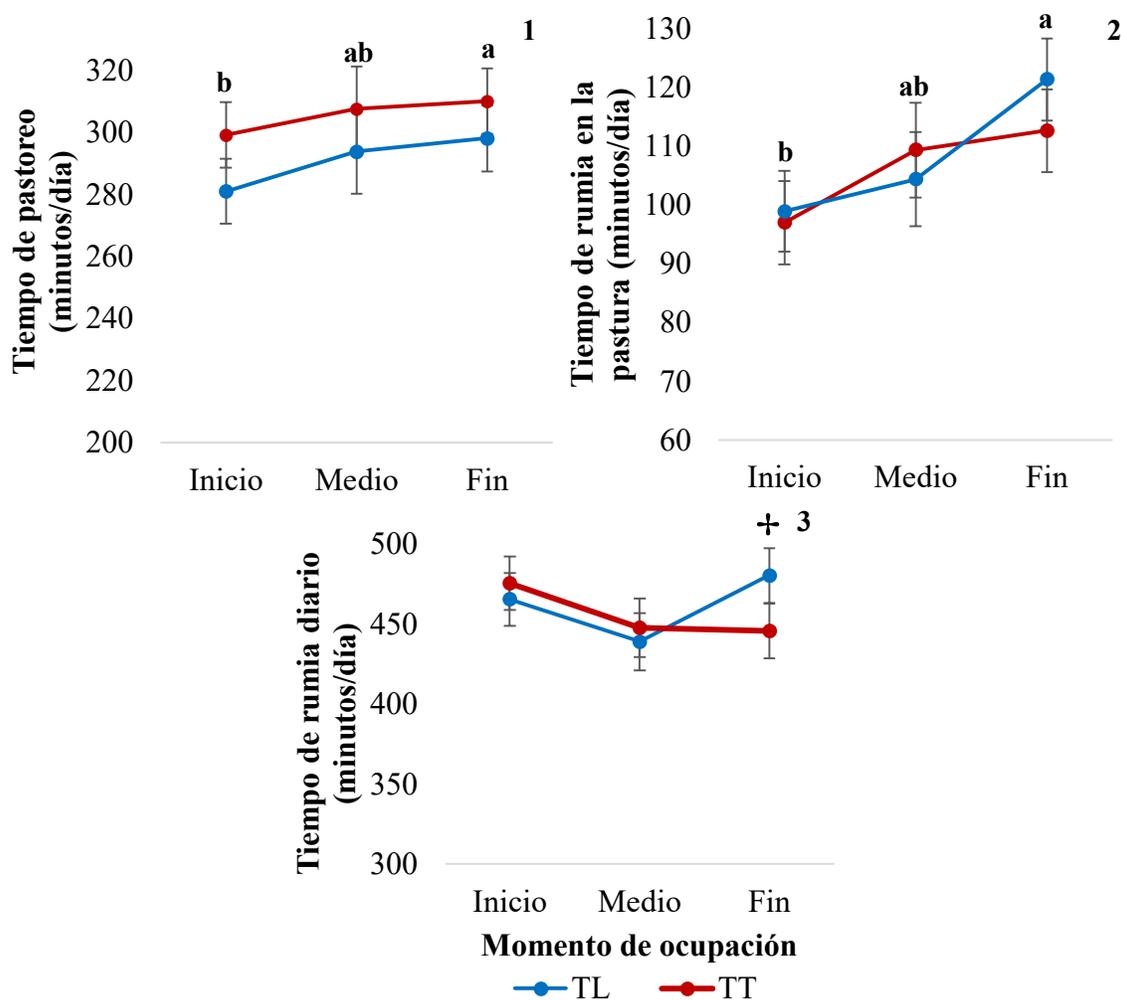
La duración promedio de cada sesión de pastoreo difirió entre tratamientos, donde fue 24 minutos superior en TT respecto al TL, y tendió a incrementarse desde el inicio y medio al final del período de ocupación (tabla 6).

La interacción entre tratamientos y momento de ocupación respecto al tiempo de rumia diario fue significativa (tabla 6). En el TL fue menor a la mitad del período de ocupación y no difirió entre el inicio y el final ( $439 \pm 17,8$  vs  $465 \pm 16,3$  y  $480 \pm 17,1$  minutos) (figura 16). En el caso del TT, fue superior al inicio del período de ocupación respecto al medio y al final ( $476 \pm 16,7$  vs  $448 \pm 18,2$  y  $446 \pm 17,1$  minutos) (figura 16). Al inicio y a la mitad del período de ocupación, el tiempo de rumia no difirió entre tratamientos, mientras

que, al final tendieron a diferenciarse (figura 16), donde el TL tendió a rumiar por 34 minutos más con relación al TT. El tiempo de rumia durante las horas de acceso a la pastura se incrementó desde el inicio al final del período de ocupación en 19 minutos (figura 16).

**Figura 16**

*Tiempo de pastoreo, rumia en la pastura y diario según el momento de ocupación*



*Nota.* TT, Tratamiento Tradicional; TL, Tratamiento Laxo. I, Inicio; M, Medio; F, Fin. Diferentes letras minúsculas difieren en momento de ocupación ( $p < 0,05$ ). + Tendencia a diferencias entre tratamientos ( $p = 0,06$ ).

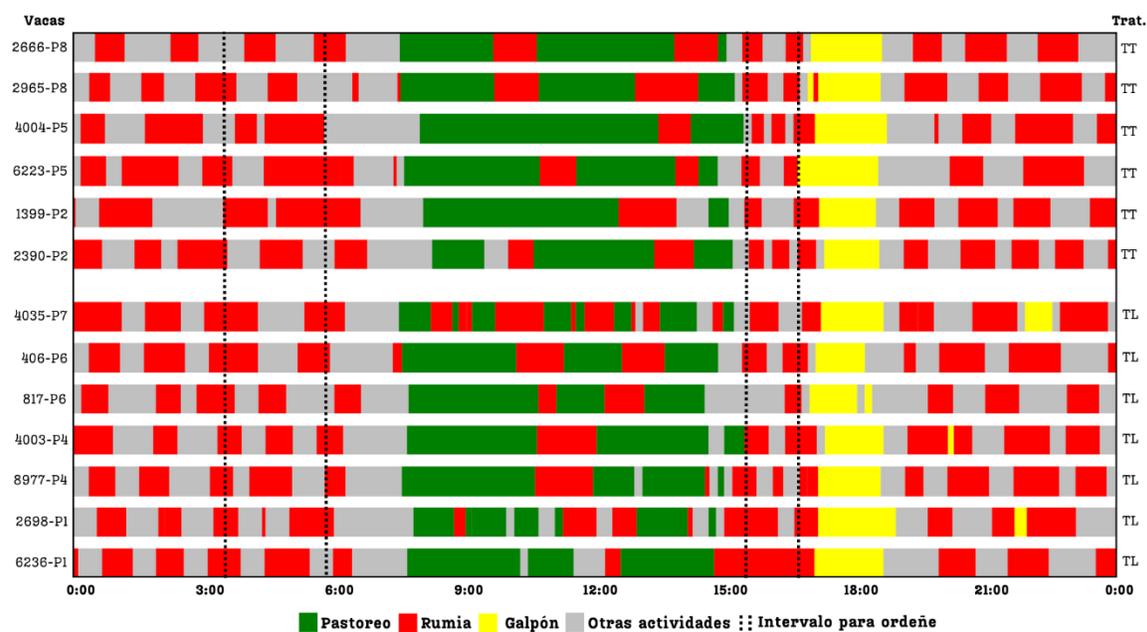
El número de sesiones de rumia no difirió entre los tratamientos y la interacción entre tratamiento y momento de ocupación no fue significativa, sin embargo, difirió entre los momentos de ocupación. El número de sesiones de rumia se redujo desde el inicio a la mitad del período de ocupación, donde se realizaron 1,1 sesiones menos. La duración promedio de

cada sesión de rumia no difirió entre tratamiento y momento de ocupación y la interacción entre tratamiento y momento de ocupación no fue significativa.

A los efectos de representar de forma esquemática, se presentan en la figura 17 los patrones de actividades diarias del tercer día del período de ocupación de la segunda semana de mediciones para ambos tratamientos.

### Figura 17

*Patrón de actividades durante el tercer día del período de ocupación*



Nota. TL, Tratamiento Laxo. TT; Tratamiento Tradicional.

## 7. DISCUSIÓN

Durante el período de evaluación general y el período de mediciones específicas, los animales de ambos tratamientos ingresaron a las franjas con igual altura y biomasa de forraje, y al final del período de ocupación, a pesar de que la altura post pastoreo supera el rango objetivo de cada uno, se logró mantener las intensidades de defoliación contrastantes planteadas. El CMS diario total fue mayor en el tratamiento de menor intensidad de defoliación (TL) con relación al de mayor intensidad (TT). El consumo de suplemento fue similar entre los tratamientos conforme a lo planificado. Sin embargo, el TL logró mayor consumo de forraje respecto al TT, a través de modificaciones en el comportamiento ingestivo asociadas a la duración y frecuencia de sesiones de pastoreo que resultaron en mayor producción de leche y mayor CC al final del experimento.

La depleción del forraje (como % de la altura inicial) que ocurre con el transcurso de los días de ocupación en la franja (4,5 y 3,8 días para el TL y TT, respectivamente) implicó la reducción de la altura y biomasa de forraje, y dada la relación curvilínea existente entre la altura y el PB (Laca et al., 1992; Penning et al., 1994), este se reduce, por ende, la TC (Gregorini, Gunter, et al., 2009) y al final el CMS (Chilibroste et al., 2015; Gibb et al., 1997; Hodgson et al., 1994). Como lo reportado en el presente estudio, donde la menor intensidad de defoliación a través de una mayor altura post pastoreo determinó un mayor CMS diario para el TL con relación al TT (25,6 vs 22,4 kg MS/vaca/día). La TC se mantiene relativamente constante hasta el 40% de depleción de la altura, donde comienza a disminuir linealmente (Carvalho et al., 2008). Las intensidades de defoliación contrastantes empleadas en dicho estudio resultaron en una depleción del forraje de 38 y 66% para el TL y TT, respectivamente, que significó un mayor consumo individual de forraje para el tratamiento de menor intensidad (12,0 vs 9,1 kg MS/vaca/día), probablemente asociado a una mayor TC por la cosecha de bocados más pesados, resultado de la mayor profundidad de estos como consecuencia de la altura del forraje. Como fue reportado por Oborsky (2021), donde a menor intensidad de defoliación los animales alcanzaron mayor TC (3,1 vs 1,9 kg MS/hora) resultado de la cosecha de bocados más pesados (1,3 vs 0,9 g/bocado), que resultó en mayor consumo de forraje (18,4 vs 14,7 kg MS/vaca/día) y, por consiguiente, mayor producción de leche (18,7 y 13,1 l/vaca/día), en comparación con la mayor intensidad de defoliación. El mayor consumo de forraje en TL, determinó un mayor CMS diario, al igual que lo reportado

por diversos autores (Chico, 2007; Fast, 2020; Mattiauda et al., 2009; Menegazzi et al., 2021; Pérez-Prieto et al., 2011; Pérez-Ramírez et al., 2009; Soca et al., 2009), resultó en mayor producción de leche (38,9 vs 36,2 kg/vaca/día para el TL y TT, respectivamente), debido a que la principal limitante en condiciones de pastoreo es el bajo CMS (Bargo et al., 2003; Pulido & Leaver, 2001). A su vez, el mayor consumo de forraje del TL implica una mayor participación de este alimento en la dieta, que está asociado al bajo costo de producción de los sistemas de producción de leche del Uruguay, además de reducir el nivel de vulnerabilidad ante escenarios económicos desfavorables (Fariña & Chilbroste, 2019).

Las intensidades de defoliación contrastantes y el efecto de la depleción del forraje provocaron modificaciones en el comportamiento ingestivo de los animales. El incremento del tiempo de pastoreo diario desde el inicio al fin del período de ocupación, podría ser resultado de la adopción de una estrategia de compensación en el intento de mantener el consumo de forraje cuando la altura de la pastura se reduce y como ya mencionado, el PB y la TC (Chilbroste et al., 2005; Gibb, 2006). A su vez, el tiempo de rumia durante las horas de acceso a la pastura se incrementó desde el inicio al final del período, probablemente debido a que los animales, conforme se reduce la altura de la pastura, son obligados a explorar horizontes de pastoreo cuya relación hoja/tallo es menor, o sea con menor cantidad de láminas foliares y mayor predominancia de tallos y material senescente (Amaral et al., 2013; Chacon & Stobbs, 1976). Por lo tanto, el forraje cosechado es de menor calidad por el mayor contenido de FDN (Delagarde et al., 2000) que les insumiría mayor tiempo para la rumia (Beauchemin, 2018). Debido a que, en condiciones de restricción de tiempo de acceso a la pastura, el incremento del tiempo dedicado al pastoreo está limitado por los requerimientos de tiempo para rumiar y promover otras actividades, el aumento del tiempo de pastoreo y de rumia en la pastura observado al final del período de ocupación, ocurrió a expensas del tiempo destinado a otras actividades, incluido el descanso. Por otra parte, los animales del TT destinaron menos tiempo diario a rumiar hacia el fin del período de ocupación, lo que podría estar asociado al menor consumo de forraje logrado y por ende menos material disponible en el rumen para el proceso de rumia (Kennedy et al., 2009). En otro sentido, se ha reportado que aún con menor consumo, al manejar menor altura post pastoreo los animales consumen más fibra y pueden tener menor procesamiento de cada bocado durante la

ingestión, lo que aumentaría la necesidad de rumia (Menegazzi et al., 2021). Sin embargo, este proceso descrito no parece haber operado en el presente estudio.

A pesar de que el tiempo de pastoreo no difirió entre los tratamientos, cada uno adoptó distinta distribución de las actividades diarias, al igual que lo reportado por Menegazzi et al. (2021). Los animales del TL realizaron mayor número de sesiones de pastoreo de menor duración cada una. Este comportamiento es resultado característico de la mayor disponibilidad de forraje (Carvalho, 2013; Werner et al., 2019). Sesiones de menor duración y más frecuentes han sido asociadas a una mayor eficiencia de uso de los alimentos por una mejora de la digestibilidad de estos (Llonch et al., 2018). Debido a que entre dos sesiones de pastoreo consecutivas, usualmente los animales inician una sesión de rumia, la cual favorece la liberación de nutrientes (Chilibroste et al., 2007; Gregorini, 2012), ya que a través de la masticación se reduce el tamaño de partículas y aumenta la superficie expuesta para la fermentación por los microorganismos ruminales (Kennedy, 1985).

El mayor número de sesiones de pastoreo ocurrió en el TL, al igual que la mayor oscilación entre los momentos del período de ocupación. Mientras que los animales del TT realizaron un menor número de sesiones de mayor duración cada una y el número no se modificó con los momentos de ocupación. Quizá, se podría esperar que el TL presentara mayor estabilidad en el número de sesiones entre los momentos de ocupación debido a la menor depleción del forraje con las consecuencias ya mencionadas. Sin embargo, la mayor variación ocurre en un rango superior cuando comparado al TT. Esto quiere decir que, el mayor número de sesiones del TT es inferior al menor número de sesiones observado en el TL. Por su parte, la estabilidad en el TT se podría inferir que estaría asociada a la memoria generada en el animal por el manejo previo, debido a que están sometidos a mayor intensidad de defoliación, por ende, a explorar estratos más bajos de la pastura con menor eficiencia, y en consecuencia realizan menos sesiones de pastoreo de mayor duración cada una. Por lo que, aún con igual disponibilidad y altura de forraje al ingreso de una nueva franja para ambos tratamientos, los animales del TT presentarían mayor voracidad (Chilibroste et al., 2005). También es pertinente considerar que, al finalizar el momento “inicio” del período de ocupación, la disponibilidad y altura del forraje es menor en comparación al TL, debido a la mayor intensidad de defoliación que determina que la tasa a la que se reduce la disponibilidad y altura del forraje sea mayor (Figura 11).

La primera sesión de pastoreo es importante debido a que en esta se consume una elevada proporción del forraje disponible (Chilibroste et al., 2007). La duración de la primera sesión de pastoreo fue superior en el TT, asociado a la menor disponibilidad de forraje que retrasaría el llenado ruminal, debido a que es uno de los principales factores que actúan en la detención de las sesiones de pastoreo (Chilibroste et al., 1997, 2015; Gregorini, 2012). Menegazzi et al. (2021) encontraron mayores diferencias entre tres intensidades de defoliación durante la primera sesión de la mañana con relación a la primera sesión de la tarde, y según lo discutido por los autores, asociado al patrón de comportamiento natural de los rumiantes de realizar sesiones más largas e intensas durante el atardecer, producto de la mayor concentración de carbohidratos solubles y de un comportamiento hiperfágico que procura el llenado ruminal para una liberación de nutrientes más estables durante el período nocturno, cuando el riesgo de depredación es mayor y aumenta la necesidad de vigilancia (Gregorini et al., 2008).

Durante la lactancia temprana, los elevados requerimientos energéticos de producción de leche en combinación con el menor CMS resultan en un balance energético negativo (Bell, 1995; De Vries & Veerkamp, 2000). Por lo tanto, para sostener la creciente producción de leche, los animales movilizan reservas corporales, lo que implica pérdida de PV y CC. En el TL, la CC al final del periodo estudiado fue superior con relación al TT (3,3 vs 3,1), a pesar de la pequeña diferencia a nivel biológico. La importancia de esto radica en que la CC o el status energético está altamente asociado al reinicio de la ciclicidad ovárica, a través de la incidencia sobre indicadores de eficiencia reproductiva tales como intervalo parto-primer servicio, intervalo parto-concepción y porcentaje de preñez. La eficiencia reproductiva está altamente relacionada con el resultado económico del sistema de producción, principalmente en sistemas de partos estacionales (Roche et al., 2007).

De los resultados obtenidos se evidencia la capacidad que han desarrollado los animales de adaptar su comportamiento en pastoreo a través de mecanismos compensatorios entre el tiempo destinado a las actividades y su distribución durante el día, en diferentes escalas, en función de las modificaciones estructurales que ocurren en el ambiente pastoril al que están sometidos.

## 8. CONCLUSIONES

La menor intensidad de defoliación (TL) lograda a través de una mayor altura remanente permitió un mayor CMSF, que explicó un mayor CMS diario y se tradujo en mayor producción de leche. Esto ocurrió a través de modificaciones en el comportamiento conforme transcurren los días de ocupación de la franja. Los animales de ambos tratamientos incrementaron el tiempo de pastoreo y de rumia durante las horas de acceso a la pastura, a expensas del tiempo destinado a otras actividades. Sin embargo, los animales de cada tratamiento adoptaron distinta distribución, frecuencia y duración de las actividades, donde el TL realizó mayor número de sesiones de menor duración cada una respecto al TT.

Los mecanismos compensatorios empleados con relación a la distribución, frecuencia y duración de cada actividad responden a la depleción del forraje que ocurre durante los días de ocupación en la franja y esto evidencia la plasticidad comportamental de vacas lecheras en pastoreo.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Allden, W., & McDWhittaker, I. A. (1970). The determinants of herbage intake by grazing sheep: The interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. *Australian Journal of Agricultural Research*, 21(5), 755–766.  
<https://doi.org/10.1071/AR9700755>
- Allen, M. S. (1997). Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. *Journal of Dairy Science*, 80(7), 1447–1462. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76074-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76074-0)
- Allen, M. S. (2000). Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 83(7), 1598–1624.  
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75030-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2)
- Amaral, M. F., Mezzalira, J. C., Bremm, C., Da Trindade, J. K., Gibb, M. J., Suñe, R. W. M., & Carvalho, P. C. F. (2013). Sward structure management for a maximum short-term intake rate in annual ryegrass. *Grass and Forage Science*, 68(2), 271–277.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00898.x>
- Bailey, D. W., Gross, J. E., Laca, E. A., Rittenhouse, L. R., Coughenour, M. B., Swift, D. M., & Sims, P. L. (1996). Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *Journal of Range Management*, 49(5), 386–400.  
<https://doi.org/10.2307/4002919>
- Bailey, D. W., & Provenza, F. D. (2008). Mechanisms determining large-herbivore distribution. En H. H. T. Prins & F. Van Langevelde (Eds.), *Resource Ecology: Spatial and temporal dynamics of foraging* (pp. 7–28). Springer.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6850-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6850-8_2)
- Balocchi, O., Pulido, R., & Fernández, J. (2002). Comportamiento de vacas lecheras en pastoreo con y sin suplementación con concentrado. *Agricultura Técnica*, 62(1), 87–98. <https://doi.org/10.4067/S0365-28072002000100009>
- Bargo, F., Muller, L. D., Kolver, E. S., & Delahoy, J. E. (2003). Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *Journal of Dairy Science*, 86(1), 1–42.  
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73581-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73581-4)

- Barrett, P. D., Laidlaw, A. S., Mayne, C. S., & Christie, H. (2001). Pattern of herbage intake rate and bite dimensions of rotationally grazed dairy cows as sward height declines. *Grass and Forage Science*, 56(4), 362–373. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.2001.00286.x>
- Barthram, G. T. (1985). Experimental techniques: The HFRO sward stick. En M. M. Alcock (Ed.), *Biennial report of the hill farming research organization* (pp. 29–30). Board of Management.
- Baudracco, J., Lopez-Villalobos, N., Holmes, C., & Macdonald, K. (2010). Effects of stocking rate, supplementation, genotype and their interactions on grazing dairy systems. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 53(2), 109–133. <https://doi.org/10.1080/00288231003777665>
- Baumont, R., Cohen-Salmon, D., Prache, S., & Sauvant, D. (2004). A mechanistic model of intake and grazing behaviour in sheep integrating sward architecture and animal decisions. *Animal Feed Science and Technology*, 112(1–4), 5–28. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2003.10.005>
- Beauchemin, K. A. (2018). Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101(6), 4762–4784. <https://doi.org/10.3168/JDS.2017-13706>
- Bell, A. W. (1995). Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *Journal of Animal Science*, 73(9), 2804–2819. <https://doi.org/10.2527/1995.7392804x>
- Boval, M., & Sauvant, D. (2019). Ingestive behaviour of grazing ruminants: Meta-analysis of the components of bite mass. *Animal Feed Science and Technology*, 251, 96–111. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.03.002>
- Cajarville, C., Britos, A., Garciaarena, D., & Repetto, J. L. (2012). Temperate forages ensiled with molasses or fresh cheese whey: Effects on conservation quality, effluent losses and ruminal degradation. *Animal Feed Science and Technology*, 171(1), 14–19. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.09.016>

- Carvalho, P. C. de F. (2013). Harry Stobbs memorial lecture: Can grazing behavior support innovations in grassland management? *Tropical Grasslands - Forrajes Tropicales*, 1(2), 137–155. [https://doi.org/10.17138/TGFT\(1\)137-155](https://doi.org/10.17138/TGFT(1)137-155)
- Carvalho, P. C. de F., Bremm, C., Bonnet, O., Savian, J., Schons, R., Szymczak, L., Baggio, T., Moojen, F., Silva, D., Marin, A., Gandara, L., Bolzan, A., Neto, G., De Moraes, A., Monteiro, A., Dos Santos, D., & Laca, E. (2016). Como a estrutura do pasto influencia o animal em pastejo? Exemplificando as interações planta-animal sob as bases e fundamentos do pastoreio ‘rotatínuo’. En O. Gomes Pereira, D. Miranda da Fonseca, K. Guimarães Ribeiro, & F. H. Martins Chizzotti (Eds.), *VIII SIMFOR: VIII Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem* (pp. 309–333). Universidade Federal de Viçosa.
- Carvalho, P. C. de F., Da Trindade, J. K., Bremm, C., Mezzalira, J. C., & Fonseca, L. (2013). Comportamento ingestivo de animais em pastejo. En R. A. Reis, F. T. Bernardes, & G. R. Siqueira (Eds.), *Forragicultura: Ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros* (pp. 525–541). Funep. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3363.5926>
- Carvalho, P. C. de F., Da Trindade, J. K., Mezzalira, J. C., Poli, C. H. E. C., Nabinger, C., Genro, T. C. M., & Gonda, H. L. (2009). Do bocado ao pastoreio de precisão: Compreendendo a interface planta-animal para explorar a multi-funcionalidade das pastagens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(spe), 109–122. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001300013>
- Carvalho, P. C. de F., & De Moraes, A. (2005). Comportamento ingestivo de ruminantes: Bases para o manejo sustentável do pasto. En U. Cecato & C. C. Jobin (Eds.), *Manejo sustentável em pastagem* (Vol. 1, pp. 1–20). Editora da UEM.
- Carvalho, P. C. de F., Genro, T. C. M., Gonçalves, E. N., & Baumont, R. (2005). A estrutura do pasto como conceito de manejo: Reflexos sobre o consumo e a produtividade. En R. A. Reis, G. R. Siqueira, L. M. A. Bertipaglia, A. P. Oliveira, G. M. P. de Melo, & T. F. Bernardes (Eds.), *Volumosos na produção de ruminantes* (pp. 107–124). Funep.

- Carvalho, P. C. de F., Gonda, H. L., Wade, M. H., Mezzalira, J. C., Amaral, M. F., Gonçalves, E. N., Santos, D. T., Nadin, L., & Poli, C. H. (2008). Características estruturais do pasto e o consumo de forragem: O quê pastar, quanto pastar e como se mover para encontrar o pasto. En O. G. Pereira, J. A. Obeid, D. M. Fonseca, & D. N. Junior (Eds.), *Proceedings of 4th Symposium on strategic management of pasture and 2nd International Symposium on animal production under grazing* (pp. 101–130). Universidade Federal de Viçosa.
- Carvalho, P. C. de F., Prache, S., & Damasceno, J. C. (1999). O processo de pastejo: Desafios da procura e apreensão da forragem pelo herbívoro. En A. M. Penz Junior, L. O. B. Afonso, & G. J. Wassermann (Eds.), *XXXVI Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia* (pp. 253–268). Sociedade Brasileira de Zootecnia.
- Carvalho, P. C. de F., Prates, A. P., Moojen, F., Silvestri Szymczak, L., De Albuquerque Nunes, P. A., Félix Da Silva Neto, G., Savian, J., Eloy, L., De Moraes, A., & Bremm, C. (2019). Métodos de pastoreio: Uma perspectiva alternativa a décadas de debate e pouco avanço conceitual. En U. Cecato, D. Mamédio, R. Sanchez, V. O. Rodrigues, & S. Galbeiro (Eds.), *V Simpósio de produção animal a pasto* (pp. 283–306). Universidade Estadual de Londrina.
- Castaño, J., Giménez, A., Ceroni, M., Furest, J., Aunchayna, R., & Bidegain, M. (2011). *Caracterización agroclimática del Uruguay 1980-2009*. INIA.
- Chacon, E., & Stobbs, T. (1976). Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*, 27(5), 709–727. <https://doi.org/10.1071/AR9760709>
- Chapman, D. F. (2016). Using ecophysiology to improve farm efficiency: Application in temperate dairy grazing systems. *Agriculture*, 6(2), Artículo e17. <https://doi.org/10.3390/agriculture6020017>
- Chapman, D. F., Parsons, A. J., Cosgrove, G. P., Barker, D. J., Marotti, D. M., Venning, K. J., Rutter, S. M., Hill, J., & Thompson, A. N. (2007). Impacts of spatial patterns in pasture on animal grazing behavior, intake, and performance. *Crop Science*, 47(1), 399–415. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.01.0036>

- Charnov, E. L., Orians, G. H., & Hyatt, K. (1976). Ecological implications of resource depression. *The American Naturalist*, 110(972), 247–259.  
<https://doi.org/10.1086/283062>
- Chico, M. (2007). *Estrategias de pastoreo y producción de leche de vacas Holando sometidas a cambios en la oferta de forraje en primavera* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Chilibroste, P. (1999). *Grazing time: The missing link: A study of the plant-animal interface by integration of experimental and modelling approaches* [Disertación doctoral]. Wageningen University & Research.
- Chilibroste, P. (2002). Integración de patrones de consumo y oferta de nutrientes para vacas lecheras en pastoreo durante el período otoño – invernal. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Ed.), *XXX Jornadas Uruguayas de Buiatría, X Congreso Latinoamericano de Buiatría* (pp. 90–96).
- Chilibroste, P. (2015). Carga o productividad individual? Pasto o concentrado?: Mitos y realidades en la intensificación de los sistemas de producción de leche en Uruguay. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Ed.), *XLIII Jornadas Uruguayas de Buiatría “Dr. Recaredo Ugarte”* (pp. 158–162).
- Chilibroste, P. (2021). A major challenge for the Uruguayan dairy industry: Sustainable growth. *Agrociencia Uruguay*, 25(2), Artículo e970.  
<https://doi.org/10.31285/AGRO.25.970>
- Chilibroste, P., & Battezzore, G. (2019). *Proyecto Producción Competitiva (2013-2018): Dinámica bio-económica de los sistemas de producción de leche*. Conaprole.
- Chilibroste, P., Battezzore, G., & Fariña, S. (2024). Productivity versus area: The growth dilemma of the Uruguayan dairy sector. *Agrociencia Uruguay*, 28(NE1), Artículo e1236. <https://doi.org/10.31285/AGRO.28.1236>
- Chilibroste, P., Gibb, M. J., Soca, P., & Mattiauda, D. A. (2015). Behavioural adaptation of grazing dairy cows to changes in feeding management: Do they follow a predictable pattern? *Animal Production Science*, 55(3), 328–338. <https://doi.org/10.1071/AN14484>

- Chilibroste, P., Gibb, M., & Tamminga, S. (2005). Pasture characteristics and animal performance. En J. Dijkstra, J. M. Forbes, & J. France (Eds.), *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism* (pp. 681–706). CABI.  
<https://doi.org/10.1079/9780851998145.0681>
- Chilibroste, P., Soca, P., Bentancur, O., & Mattiauda, D. A. (2010). Estudio de la conducta en pastoreo de vacas Holando de alta producción: Síntesis de 10 años de investigación sobre la relación planta animal suplemento en la Facultad de Agronomía – EEMAC. *Agrociencia (Uruguay)*, *14*(3), 101–106. <https://doi.org/10.31285/AGRO.14.772>
- Chilibroste, P., Soca, P., Mattiauda, D. A., Bentancur, O., & Robinson, P. H. (2007). Short term fasting as a tool to design effective grazing strategies for lactating dairy cattle. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, *47*(9), 1075–1084.  
<https://doi.org/10.1071/EA06130>
- Chilibroste, P., Tamminga, S., & Boer, H. (1997). Effects of length of grazing session, rumen fill and starvation time before grazing on dry-matter intake, ingestive behaviour and dry-matter rumen pool sizes of grazing lactating dairy cows. *Grass and Forage Science*, *52*(3), 249–257. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1997.tb02355.x>
- Chilibroste, P., Tamminga, S., Boer, H., Gibb, M. J., & Den Dikken, G. (2000). Duration of regrowth of ryegrass (*Lolium perenne*) effects on grazing behavior, intake, rumen fill, and fermentation of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *83*(5), 984–995.  
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74963-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74963-0)
- Chilibroste, P., Tamminga, S., Van Bruchem, J., & Van der Togt, P. L. (1998). Effect of allowed grazing time, inert rumen bulk and length of starvation before grazing on the weight, composition and fermentative end-products of the rumen contents of lactating dairy cows. *Grass and Forage Science*, *53*(2), 146–156.  
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.1998.5320146.x>
- Dado, R. G., & Allen, M. S. (1994). Variation in and relationships among feeding, chewing, and drinking variables for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *77*(1), 132–144. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)76936-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)76936-8)

- Da Trindade, J. K., Pinto, C. E., Neves, F. P., Mezzalira, J. C., Bremm, C., Genro, T. C. M., Tischler, M. R., Nabinger, C., Gonda, H. L., & Carvalho, P. C. F. (2012). Forage allowance as a target of grazing management: Implications on grazing time and forage searching. *Rangeland Ecology & Management*, 65(4), 382–393. <https://doi.org/10.2111/REM-D-11-00204.1>
- Delagarde, R., Peyraud, J. L., Delaby, L., & Faverdin, P. (2000). Vertical distribution of biomass, chemical composition and pepsin—cellulase digestibility in a perennial ryegrass sward: Interaction with month of year, regrowth age and time of day. *Animal Feed Science and Technology*, 84(1–2), 49–68. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(00\)00114-0](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(00)00114-0)
- De Paula Mendes, A. M., De Andrade Silva, D. K., De Andrade Ferreira, M., Veras, A. S. C., Ferreira, G. D. G., Vigoderis, R. B., Arcanjo, H. G. S., Silva, J. M., De Almeida, J. S., Fotius, A. C. A., & De Almeida Farias, G. (2012). Ingestive behavior of pastured crossbred dairy cows offered different supplement types. *Tropical Animal Health and Production*, 45(1), 231–237. <https://doi.org/10.1007/s11250-012-0195-0>
- De Vries, M. J., & Veerkamp, R. F. (2000). Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variables and fertility. *Journal of Dairy Science*, 83(1), 62–69. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74856-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74856-9)
- Durán, H., & La Manna, A. (2009). *Implicancias productivas, económicas y ambientales de la intensificación de la producción de leche pastoril en Uruguay*. INIA.
- Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”. (2023). *Annual climatological summary*. <http://meteorologia.eemac.edu.uy/NOAAPRYR.TXT>
- Fariña, S. R., & Chilibroste, P. (2019). Opportunities and challenges for the growth of milk production from pasture: The case of farm systems in Uruguay. *Agricultural Systems*, 176, Artículo e102631. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2019.05.001>
- Fast, O. (2020). *Intensidad de defoliación: Producción, comportamiento ingestivo y consumo de vacas lecheras* [Tesis de maestría]. Universidad de la República.

- Ferguson, J. D., Galligan, D. T., & Thomsen, N. (1994). Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 77(9), 2695–2703. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77212-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77212-X)
- Finneran, E., Crosson, P., O’Kiely, P., Shallo, L., Forristal, P. D., & Wallace, M. (2010). Simulation modelling of the cost of producing and utilising feeds for ruminants on Irish farms. *Journal of Farm Management*, 14(2), 95–116.
- Fonseca, L., Mezzalira, J. C., Bremm, C., Filho, R. S. A., Gonda, H. L., & Carvalho, P. C. de F. (2012). Management targets for maximising the short-term herbage intake rate of cattle grazing in Sorghum bicolor. *Livestock Science*, 145(1–3), 205–211. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.02.003>
- Forbes, J. (1995). *Voluntary feed intake and diet selection in farm animals*. CAB International.
- Forbes, M. (2007). A personal view of how ruminant animals control their intake and choice of food: Minimal total discomfort. *Nutrition Research Reviews*, 20(2), 132–146. <https://doi.org/10.1017/S0954422407797834>
- Fortin, D. (2001). An adjustment of the extended contingency model of Farnsworth & Illius (1998). *Functional Ecology*, 15(1), 138–139. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2001.00490-2.x>
- Gibb, M. (2006). Grassland management with emphasis on grazing behaviour. En A. Elgersma, J. Dijkstra, & S. Tamminga (Eds.), *Fresh herbage for dairy cattle* (pp. 141–157). Springer.
- Gibb, M. J. (1998). Animal grazing/intake terminology and definitions. En M. G. Keane & E. O’Riordan (Eds.), *Extensification of Beef and Sheep Production on Grasslands, Proceedings of Pasture Ecology and Animal Intake Groups Joint Meeting, St Patrick's College, Drumcondra, Dublin, Ireland, 24-25 September 1996* (pp. 21–37). <http://dx.doi.org/10.13140/2.1.3335.8726>
- Gibb, M. J., Huckle, C. A., & Nuthall, R. (1998). Effect of time of day on grazing behaviour by lactating dairy cows. *Grass and Forage Science*, 53(1), 41–46. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.1998.00102.x>

- Gibb, M. J., Huckle, C., Nuthall, R., & Rook, A. (1997). Effect of sward surface height on intake and grazing behaviour by lactating Holstein Friesian cows. *Grass and Forage Science*, 52(3), 309–321. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1997.tb02361.x>
- Gill, M., & Romney, D. (1994). The relationship between the control of meal size and the control of daily intake in ruminants. *Livestock Production Science*, 39(1), 13–18. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(94\)90148-1](https://doi.org/10.1016/0301-6226(94)90148-1)
- Gonçalves, E. N., Carvalho, P. C. de F., Devincenzi, T., Lopes, M. L. T., De Freitas, F. K., & Jacques, A. V. Á. (2009). Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: Padrões de deslocamento e uso de estações alimentares. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(11), 2121–2126. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001100008>
- Google. (2024). [Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”, Paysandú, Uruguay. Mapa]. Recuperado el 25 de junio de 2024, de <https://maps.app.goo.gl/WU4dhAokNC889EsQ6>
- Gordon, J. G., & McAllister, I. K. (1970). The circadian rhythm of rumination. *The Journal of Agricultural Science*, 74(2), 291–297. <https://doi.org/10.1017/S0021859600022905>
- Gregorini, P. (2012). Diurnal grazing pattern: Its physiological basis and strategic management. *Animal Production Science*, 52(7), 416–430. <https://doi.org/10.1071/AN11250>
- Gregorini, P., Gunter, S. A., Beck, P. A., Caldwell, J., Bowman, M. T., & Coblenz, W. K. (2009). Short-term foraging dynamics of cattle grazing swards with different canopy structures1. *Journal of Animal Science*, 87(11), 3817–3824. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2094>
- Gregorini, P., Gunter, S. A., Beck, P. A., Soder, K. J., & Tamminga, S. (2008). The interaction of diurnal grazing pattern, ruminal metabolism, nutrient supply, and management in cattle. *The Professional Animal Scientist*, 24(4), 308–318. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30861-5](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30861-5)
- Gregorini, P., Gunter, S. A., Bowman, M. T., Caldwell, J. D., Masino, C. A., Coblenz, W. K., & Beck, P. A. (2011). Effect of herbage depletion on short-term foraging dynamics

- and diet quality of steers grazing wheat pastures. *Journal of Animal Science*, 89(11), 3824–3830. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3725>
- Gregorini, P., Gunter, S. A., Masino, C. A., & 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. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2007.00589.x>
- Gregorini, P., Soder, K. J., & Kensing, R. S. (2009). Effects of rumen fill on short-term ingestive behavior and circulating concentrations of ghrelin, insulin, and glucose of dairy cows foraging vegetative micro-swards. *Journal of Dairy Science*, 92(5), 2095–2105. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1803>
- Gregorini, P., Tamminga, S., & Gunter, S. A. (2006). Behavior and daily grazing patterns of cattle. *The Professional Animal Scientist*, 22(3), 201–209. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31095-0](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31095-0)
- Haydock, K., & Shaw, N. (1975). The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 15(76), 663–670.
- Hodgson, J. (1985). The control of herbage intake in the grazing ruminant. *Proceedings of the Nutrition Society*, 44(2), 339–346. <https://doi.org/10.1079/PNS19850054>
- Hodgson, J. (1990). *Grazing management: Science into practice*. Longman Scientific & Technical.
- Hodgson, J., Clark, D. A., & Mitchell, R. J. (1994). Foraging behavior in grazing animals and its impact on plant communities. En G. C. Fahey Jr. (Ed.), *Forage quality, evaluation, and utilization* (pp. 796–827). <https://doi.org/10.2134/1994.foragequality.c19>
- Howery, L. D., Provenza, F., & Ruyle, G. (1998). *How do domestic herbivores select nutritious diets on rangelands?* University of Arizona.
- Kennedy, E., McEvoy, M., Murphy, J. P., & O'Donovan, M. (2009). Effect of restricted access time to pasture on dairy cow milk production, grazing behavior, and dry matter intake. *Journal of Dairy Science*, 92(1), 168–176. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1091>

- Kennedy, P. (1985). Effect of rumination on reduction of particle size of rumen digesta by cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*, 36(6), 819–828.  
<https://doi.org/10.1071/AR9850819>
- Kilgour, R. J. (2012). In pursuit of “normal”: A review of the behaviour of cattle at pasture. *Applied Animal Behaviour Science*, 138(1–2), 1–11.  
<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.12.002>
- Kolver, E. S., & Muller, L. D. (1998). Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*, 81(5), 1403–1411. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75704-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75704-2)
- Laca, E. A., Ungar, E. D., & Demment, M. W. (1994). Mechanisms of handling time and intake rate of a large mammalian grazer. *Applied Animal Behaviour Science*, 39(1), 3–19. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(94\)90011-6](https://doi.org/10.1016/0168-1591(94)90011-6)
- Laca, E. A., Ungar, E. D., Seligman, N., & Demment, M. W. (1992). Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. *Grass and Forage Science*, 47(1), 91–102. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1992.tb02251.x>
- Linnane, M. I., Brereton, A. J., & Giller, P. S. (2001). Seasonal changes in circadian grazing patterns of Kerry cows (*Bos Taurus*) in semi-feral conditions in Killarney National Park, Co. Kerry, Ireland. *Applied Animal Behaviour Science*, 71(4), 277–292.  
[https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(00\)00188-X](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(00)00188-X)
- Llonch, P., Mainau, E., Ipharraguerre, I. R., Bargo, F., Tedó, G., Blanch, M., & Manteca, X. (2018). Chicken or the egg: The reciprocal association between feeding behavior and animal welfare and their impact on productivity in dairy cows. *Frontiers in Veterinary Science*, 5, Artículo e305. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00305>
- Lucas, J. R. (1983). The role of foraging time constraints and variable prey encounter in optimal diet choice. *The American Naturalist*, 122(2), 191–209.  
<https://doi.org/10.1086/284130>
- Mangel, M., & Clark, C. W. (1986). Towards a unified foraging theory. *Ecology*, 67(5), 1127–1138. <https://doi.org/10.2307/1938669>

- Mattiauda, D., Chilibroste, P., Bentancur, O., & Soca, P. (2009). Intensidad de pastoreo y utilización de pasturas perennes en sistemas de producción de leche: ¿Qué niveles de producción permite y que problemas contribuye a solucionar? En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Ed.), *XXXVII Jornadas Uruguayas de Buiatría* (pp. 96–103).
- McGilloway, D., & Mayne, C. (1996). Importance of grass availability for the high genetic merit dairy cow. En P. Garnsworthy, J. Wiseman, & W. Haresign (Eds.), *Recent advances in animal nutrition 1996* (pp. 135–169). Nottingham University Press.
- McMeekan, C. P., & Walshe, M. J. (1963). The inter-relationships of grazing method and stocking rate in the efficiency of pasture utilization by dairy cattle. *The Journal of Agricultural Science*, *61*(2), 147–166. <https://doi.org/10.1017/S0021859600005888>
- Menegazzi, G., Giles, P. Y., Oborsky, M., Fast, O., Mattiauda, D. A., Genro, T. C. M., & Chilibroste, P. (2021). Effect of post-grazing sward height on ingestive behavior, dry matter intake, and milk production of Holstein dairy cows. *Frontiers in Animal Science*, *2*, Artículo e742685. <https://doi.org/10.3389/fanim.2021.742685>
- Mertens, D. R. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *80*(7), 1463–1481. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76075-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2)
- Mezzalira, J. C. (2009). *O manejo do pastejo em ambientes pastoris heterogêneos: Comportamento ingestivo e produção animal em distintas ofertas de forragem* [Tesis de maestría]. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Mezzalira, J. C., Bremm, C., Da Trindade, J. K., Nabinger, C., & Carvalho, P. C. (2012). The ingestive behaviour of cattle in large-scale and its application to pasture management in heterogeneous pastoral environments. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *2*, 909–916.
- Mezzalira, J. C., De Faccio Carvalho, P. C., Fonseca, L., Bremm, C., Cangiano, C., Gonda, H. L., & Laca, E. A. (2014). Behavioural mechanisms of intake rate by heifers grazing swards of contrasting structures. *Applied Animal Behaviour Science*, *153*, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2013.12.014>

- National Academies of Sciences, Engineering and Medicine. (2021). *Nutrient requirements of dairy cattle* (8<sup>th</sup> ed.). National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25806>
- National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle* (7<sup>th</sup> ed.). National Academy Press. <https://doi.org/10.17226/9825>
- Newman, J. A., Parsons, A. J., Thornley, J. H. M., Penning, P. D., & Krebs, J. R. (1995). Optimal diet selection by a generalist grazing herbivore. *Functional Ecology*, 9(2), 255–268. <https://doi.org/10.2307/2390572>
- Oborsky, M. (2021). *Tasa de consumo y producción de leche de vacas lecheras bajo distintas intensidades de defoliación de Festuca en primavera* [Tesis de maestría]. Universidad de la República.
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2023). *Anuario estadístico agropecuario 2023*. MGAP.
- Oficina de Planeamiento y Presupuesto. (2019). *Una prospectiva estratégica del sector Agroalimentario uruguayo: Estudio de tendencias del sector Agroalimentario y su impacto a futuro en Uruguay*. MGAP.
- O'Regain, P., & Schwartz, H. (1995). Dietary selection and foraging strategies of animals on rangeland: Coping with spatial and temporal variability. En M. Journet, E. Grenet, M.-H. Farce, M. Thériez, & C. Demarquilly (Eds.), *Recent developments in the nutrition of herbivores: Proceedings of the IVth International Symposium on the Nutrition of Herbivores, Clermont-Ferrand (France), September 11-15, 1995* (pp. 407–423). INRA.
- Orr, R. J., Penning, P. D., Harvey, A., & Champion, R. A. (1997). Diurnal patterns of intake rate by sheep grazing monocultures of ryegrass or white clover. *Applied Animal Behaviour Science*, 52(1–2), 65–77. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(96\)01120-3](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(96)01120-3)
- Orr, R. J., Rutter, S. M., Penning, P. D., & Rook, A. J. (2001). Matching grass supply to grazing patterns for dairy cows. *Grass and Forage Science*, 56(4), 352–361. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.2001.00284.x>
- Orr, R. J., Rutter, S. M., Yarrow, N. H., Champion, R. A., & Rook, A. J. (2004). Changes in ingestive behaviour of yearling dairy heifers due to changes in sward state during

grazing down of rotationally stocked ryegrass or white clover pastures. *Applied Animal Behaviour Science*, 87(3–4), 205–222.

<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.01.009>

Penning, P. D., Parsons, A. J., Orr, R. J., & Hooper, G. E. (1994). Intake and behaviour responses by sheep to changes in sward characteristics under rotational grazing. *Grass and Forage Science*, 49(4), 476–486. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1994.tb02025.x>

Pérez-Prieto, L. A., Peyraud, J. L., & Delagarde, R. (2011). Pasture intake, milk production and grazing behaviour of dairy cows grazing low-mass pastures at three daily allowances in winter. *Livestock Science*, 137(1–3), 151–160.

<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.10.013>

Pérez-Ramírez, E., Peyraud, J. L., & Delagarde, R. (2009). Restricting daily time at pasture at low and high pasture allowance: Effects on pasture intake and behavioral adaptation of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92(7), 3331–3340.

<https://doi.org/10.3168/jds.2008-1951>

Phillips, C. J. C., & Leaver, J. D. (1986). The effect of forage supplementation on the behaviour of grazing dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 16(3), 233–247.

[https://doi.org/10.1016/0168-1591\(86\)90116-4](https://doi.org/10.1016/0168-1591(86)90116-4)

Pulido, R. G., & Leaver, J. D. (2001). Quantifying the influence of sward height, concentrate level and initial milk yield on the milk production and grazing behaviour of continuously stocked dairy cows. *Grass and Forage Science*, 56(1), 57–67.

<https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.2001.00246.x>

Repetto, J. L., Cajarville, C., D'Alessandro, J., Curbelo, A., Soto, C., & Garín, D. (2005). Effect of wilting and ensiling on ruminal degradability of temperate grass and legume mixtures. *Animal Research*, 54(2), 73–80. <https://doi.org/10.1051/animres:2005007>

Roche, J. R., Lee, J. M., Macdonald, K. A., & Berry, D. P. (2007). Relationships among body condition score, body weight, and milk production variables in pasture-based dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90(8), 3802–3815.

<https://doi.org/10.3168/jds.2006-740>

- Roguet, C., Dumont, B., & Prache, S. (1998). Selection and use of feeding sites and feeding stations by herbivores. *Annales de Zootechnie*, 47(4), 225–244.  
<https://doi.org/10.1051/animres:19980401>
- Romera, A. J., & Doole, G. J. (2016). Integrated analysis of profitable stocking-rate decisions in pasture-based dairy systems. *Grass and Forage Science*, 71(1), 90–101.  
<https://doi.org/10.1111/gfs.12149>
- Rook, A. J., Dumont, B., Isselstein, J., Osoro, K., WallisDeVries, M. F., Parente, G., & Mills, J. (2004). Matching type of livestock to desired biodiversity outcomes in pastures. *Biological Conservation*, 119(2), 137–150.  
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2003.11.010>
- Rook, A. J., Huckle, C. A., & Penning, P. D. (1994). Effects of sward height and concentrate supplementation on the ingestive behaviour of spring-calving dairy cows grazing grass-clover swards. *Applied Animal Behaviour Science*, 40(2), 101–112.  
[https://doi.org/10.1016/0168-1591\(94\)90075-2](https://doi.org/10.1016/0168-1591(94)90075-2)
- Ruckebusch, Y. (1993). Motility of the gastro-intestinal tract. En D. Church (Ed.), *The ruminant animal: Digestive physiology and nutrition* (pp. 64–107). Waveland Press.
- Rutter, S. M. (2006). Diet preference for grass and legumes in free-ranging domestic sheep and cattle: Current theory and future application. *Applied Animal Behaviour Science*, 97(1), 17–35. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.11.016>
- Schirmann, K., Chapinal, N., Weary, D. M., Heuwieser, W., & Von Keyserlingk, M. A. G. (2012). Rumination and its relationship to feeding and lying behavior in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95(6), 3212–3217. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4741>
- Searle, K. R., Thompson Hobbs, N., & Shipley, L. A. (2005). Should I stay or should I go? Patch departure decisions by herbivores at multiple scales. *Oikos*, 111(3), 417–424.  
<https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2005.13918.x>
- Senft, R. L., Coughenour, M. B., Bailey, D. W., Rittenhouse, L. R., Sala, O. E., & Swift, D. M. (1987). Large herbivore foraging and ecological hierarchies. *BioScience*, 37(11), 789–799. <https://doi.org/10.2307/1310545>

- Silveira, E. (2001). *Comportamento ingestivo e produção de cordeiros em pastagem de azevém anual (Lolium multiflorum Lam.) manejada em diferentes alturas* [Tesis de maestría]. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Soca, P., Faber, A., Do Carmo, M., & Chilibroste, P. (2009). Productividad en pasturas perennes para producción de leche sometidas a cambios en intensidad de pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal*, 29, 604–605.
- Spalinger, D. E., Robbins, C. T., & Hanley, T. A. (1986). The assessment of handling time in ruminants: The effect of plant chemical and physical structure on the rate of breakdown of plant particles in the rumen of mule deer and elk. *Canadian Journal of Zoology*, 64(2), 312–321. <https://doi.org/10.1139/z86-051>
- Stobbs, T. H. (1970). Automatic measurement of grazing time by dairy cows on tropical grass and legume pastures. *Tropical Grasslands*, 4(3), 237–244.
- Stobbs, T. H. (1973). The effect of plant structure on the intake of tropical pastures: II.\* Differences in sward structure, nutritive value, and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth. *Australian Journal of Agricultural Research*, 24(6), 821–829. <https://doi.org/10.1071/AR9730821>
- Taweel, H. Z., Tas, B. M., Dijkstra, J., & Tamminga, S. (2004). Intake regulation and grazing behavior of dairy cows under continuous stocking. *Journal of Dairy Science*, 87(10), 3417–3427. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73477-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73477-3)
- Thomson, B. C., Cruickshank, G. J., Poppi, D. P., & Sykes, A. R. (1985). Diurnal patterns of rumen fill in grazing sheep. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 45, 117–120.
- Virkajärvi, P. (2004). *Growth and utilization of timothy - meadow fescue pastures* [Disertación doctoral]. University of Helsinki.
- Watt, L. J., Clark, C. E. F., Krebs, G. L., Petzel, C. E., Nielsen, S., & Utsumi, S. A. (2015). Differential rumination, intake, and enteric methane production of dairy cows in a pasture-based automatic milking system. *Journal of Dairy Science*, 98(10), 7248–7263. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9463>

- Welch, J. G. (1982). Rumination, particle size and passage from the rumen. *Journal of Animal Science*, 54(4), 885–894. <https://doi.org/10.2527/jas1982.544885x>
- Welch, J. G., & Smith, A. M. (1969). Influence of forage quality on rumination time in sheep. *Journal of Animal Science*, 28(6), 813–818. <https://doi.org/10.2527/jas1969.286813x>
- Werner, J., Umstatter, C., Kennedy, E., Grant, J., Leso, L., Geoghegan, A., Shalloo, L., Schick, M., & O'Brien, B. (2019). Identification of possible cow grazing behaviour indicators for restricted grass availability in a pasture-based spring calving dairy system. *Livestock Science*, 220, 74–82. <https://doi.org/10.1016/J.LIVSCI.2018.12.004>
- Wilshurst, J. F., Fryxell, J. M., & Colucci, P. E. (1999). What constrains daily intake in Thomson's gazelles? *Ecology*, 80(7), 2338–2347. <https://doi.org/10.2307/176914>