

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DEL MANEJO DEL PASTOREO Y ASIGNACIÓN DE CONCENTRADO
SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE VACAS HOLANDO PASTOREANDO
DACTYLIS EN PRIMAVERA

por

Juan Ignacio DÁVILA DUFAU
Valentina RAGGIO FIGUEIRAS

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.

MONTEVIDEO
URUGUAY
2021

Tesis aprobada por:

Director: -----

Zoot. PhD. Jean Víctor Savian

Ing. Agr. MSc. PhD. Alejandro Mendoza

Ing. Agr. PhD. Pablo Chilibroste

Fecha: 22 de diciembre de 2021

Autores: -----

Juan Ignacio Dávila Dufau

Valentina Raggio Figueiras

AGRADECIMIENTOS

A INIA "La Estanzuela" por darnos la oportunidad de ser parte del proyecto 2020 y a todo el equipo de trabajo, Jean, Solange, Alejandro, Fernando y funcionarios del tambo, por su ayuda durante todo el periodo.

A la Facultad de Agronomía, que nos brindó amistades que sin duda van a perdurar para toda la vida.

A mi familia, mamá, papá, abuelos, Miguel y Karina, por haber sido un gran sostén en toda mi carrera, a mis hermanos Facu y Mati, por haberme apoyado y alentado en esta carrera, a mis amigas, que estuvieron siempre y a las que formé durante esta carrera. A Seba, por su gran apoyo constante y compañía.

A mi familia, en especial a mis padres y a mi hermano, por haberme apoyado durante toda la carrera. A mis amigos por todo el apoyo y por los momentos compartidos durante la carrera.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1 <u>MANEJO DEL PASTOREO</u>	2
2.1.1 <u>Consumo</u>	2
2.1.1.1 Efecto del pastoreo sobre el comportamiento ingestivo.....	2
2.1.1.2 Efecto del pastoreo sobre la regulación del consumo	5
2.1.2 <u>Estrategias de pastoreo</u>	6
2.1.3 <u>Efecto de la defoliación sobre la pastura</u>	7
2.1.3.1 Efecto sobre la fisiología vegetal	7
2.1.3.2 Efecto sobre el valor nutritivo	9
2.2 <u>MANEJO DEL CONCENTRADO</u>	11
2.2.1 <u>Efecto de la suplementación sobre el consumo</u>	11
2.2.2 <u>Efecto de la suplementación a nivel ruminal</u>	12
2.3 <u>PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA LECHE</u>	12
2.4 <u>HIPÓTESIS</u>	16
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	17
3.1 <u>LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL</u>	17
3.2 <u>DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS</u>	18
3.3 <u>ANIMALES Y MANEJO</u>	19
3.3.1 <u>Alimentación</u>	20
3.3.1.1 <u>Pasturas</u>	20

3.3.1.2	Concentrado	21
3.3.2	<u>Rutina e instalaciones</u>	21
3.4	MEDIDAS REALIZADAS	22
3.4.1	<u>Altura de la pastura</u>	22
3.4.2	<u>Conteo de hojas</u>	22
3.4.3	<u>Composición química de la pastura</u>	23
3.4.4	<u>Estimación del consumo</u>	23
3.4.5	<u>Producción y composición de la leche</u>	24
3.5	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	26
4.	<u>RESULTADOS</u>	27
4.1	ALTURA Y NÚMERO DE HOJAS POR MACOLLO	27
4.2	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PASTURA	29
4.3	CICLOS DE PASTOREO	30
4.4	CONSUMO	31
4.5	PRODUCCIÓN DE LECHE, COMPOSICIÓN Y PRODUCCIÓN DE SÓLIDOS EN LA LECHE	32
5.	<u>DISCUSIÓN</u>	34
5.1	RESPUESTA ANIMAL Y VEGETAL	34
5.2	CALIDAD DE LA LECHE	37
6.	<u>CONCLUSIONES</u>	38
7.	<u>RESUMEN</u>	39
8.	<u>SUMMARY</u>	40
9.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	41
10.	<u>ANEXOS</u>	51

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Características químicas del concentrado (%) ofrecido para las vacas	21
2. Glosario de las abreviaciones utilizadas	25
3. Altura y número de hojas por macollo del dactylis con vacas lecheras pastoreando en dos estrategias de manejo del pastoreo (MP) y dos niveles de asignación de concentrado (AC)	28
4. Composición química en base seca del dactylis, con vacas lecheras pastoreando en dos estrategias de manejo del pastoreo (MP) y dos niveles de asignación de concentrado (AC)	29
5. Cantidad y duración de los ciclos de pastoreo de vacas lecheras pastoreando dactylis sobre dos estrategias de manejo del pastoreo (MP) y dos niveles de asignación de concentrado (AC)	30
6. Consumo de vacas lecheras pastoreando dactylis sobre dos estrategias de manejo del pastoreo (MP) y dos niveles de asignación de concentrado (AC).....	31
7. Producción de leche, composición y producción de sólidos en vacas lecheras pastoreando dactylis sobre dos estrategias de manejo del pastoreo (MP) y dos niveles de asignación de concentrado (AC).....	33
 Figura No.	
1. Temperatura media y precipitaciones acumuladas por década para INIA "La Estanzuela" durante el período de estudio	17
2. Distribución de bloques y tratamientos	19

1. INTRODUCCIÓN

El sector lechero es de gran importancia en la economía del Uruguay contribuyendo al 13% del PBI nacional, y abarcando el 4% del territorio del país. Además, es el sector agropecuario de mayor ingreso de exportaciones por hectárea, donde se exporta a más de 60 mercados, posicionándose a nivel mundial como el 7°. país exportador de leche según la Federación Internacional de Lechería (INALE, s.f.).

Los sistemas lecheros uruguayos basan la alimentación del ganado en praderas y verdeos, anuales y plurianuales, tanto de gramíneas como de leguminosas y otras. En estos sistemas pastoriles, la cantidad y el tipo de nutrientes suministrados, se determinan a través del manejo del pastoreo. Amplia evidencia demuestra la gran importancia que tiene el manejo del pastoreo sobre la producción animal, por lo que las decisiones que tome el productor y su capacidad de comprender este complejo de interacciones van a repercutir sobre su eficiencia productiva, y por ende económica (Roche y Horan, 2015).

En ocasiones los concentrados son utilizados excesivamente con el objetivo de obtener los consumos potenciales, particularmente cuando la disponibilidad de forraje es limitante. Es posible mediante buenas prácticas de manejo del pastoreo que la disponibilidad de forraje incremente, además de aumentar el consumo de forraje animal, permitiendo reducir el uso de los concentrados en la dieta. Los sistemas que ajustan la suplementación en función de la disponibilidad de pasto a lo largo del año logran mayores consumos de pasto por animal y hacen un uso más eficiente del recurso forrajero, estos sistemas a su vez suministran menores cantidades de concentrado, lo que les permite tener márgenes de alimentación similares a los registrados en predios con mayor producción de leche, debido a que el costo de producción se reduce a medida que se incrementa la proporción de pasto en la dieta, lo que se asociaría con el alto costo y la volatilidad en los precios de los concentrados, en comparación con las pasturas (Méndez et al., 2020).

La primavera es la época de mayor producción forrajera con pasturas de alto valor nutritivo, esto abre la posibilidad de replantearse el uso y manejo de concentrados durante esta estación. En este contexto se plantea la interrogante de si es posible identificar un manejo del pastoreo que permita aprovechar esta mayor cantidad y valor nutritivo de las pasturas, de modo de posibilitar a los sistemas lecheros optimizar la cantidad de concentrados suministrados en esta época del año.

En función de esto, el objetivo de este trabajo fue comprender cómo el manejo del pastoreo y la asignación de concentrado afectan la producción y la calidad de la leche de vacas pastoreando *Dactylis glomerata* en primavera. Específicamente, se buscó evaluar el efecto de dos manejos del pastoreo, uno basado en maximizar la tasa de consumo y el consumo individual, y otro basado en maximizar la cosecha de pastura por superficie, sobre el consumo, la producción de leche y sólidos de vacas lecheras durante primavera.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 MANEJO DEL PASTOREO

El manejo del pastoreo es un procedimiento definido o técnica para manipular animales en el espacio y en el tiempo para lograr un objetivo específico (Allen et al., 2011). A su vez, Elgersma (2015) señala que el manejo del pastoreo controla el suministro de nutrientes al animal, y con ello las posibilidades de expresión de su potencial de producción.

El pastoreo es un proceso fundamental que afecta la dinámica y el funcionamiento de los ecosistemas de pastizales. Sus componentes comprenden cómo los animales buscan alimento, recolectan y procesan tejidos vegetales en diferentes escalas espacio-tiempo. Hoy en día, ya no está orientado únicamente hacia la productividad secundaria, es decir, producción animal, sino que también tiene un enfoque multifuncional que incluye todo el ecosistema de pastos, los procesos involucrados en la producción, el uso y la sostenibilidad de estos. El manejo del pastoreo se ha evaluado en términos de reducción del impacto ambiental, por lo que el papel multifuncional del ecosistema de pastizales se convierte en un componente importante de los sistemas de pastoreo (Carvalho, 2013).

Los sistemas lecheros pastoriles intensivos normalmente utilizan pastoreo rotativo o también llamado “en franja”. En estos casos la asignación de forraje es una guía para determinar los días de ocupación en una pradera o el área de forraje fresco que se pondrá disponible en un determinado período de tiempo. La respuesta del consumo individual de forraje a la asignación de forraje es creciente y asintótica (Pérez-Prieto y Delagarde, 2013). A su vez el manejo del pastoreo permite manipular la cosecha del pasto, por ejemplo, cuando el pastoreo se enfoca en retirar todo el forraje disponible, la cosecha total por área será mayor, dejando a un lado el poder maximizar el consumo individual (Carvalho, 2013).

2.1.1 Consumo

2.1.1.1 Efecto del pastoreo sobre el comportamiento ingestivo

Más allá de los mecanismos de regulación del consumo, existe lo que se denomina como "comportamiento ingestivo" que ha recibido considerable atención como limitante para lograr un alto consumo voluntario de materia seca bajo pastoreo (Hodgson 1985, Laca et al. 1994).

En condiciones de pastoreo el consumo puede ser expresado como el producto de la tasa de consumo (g/minuto) y el tiempo de pastoreo efectivo (minutos). La tasa de

consumo se descompone en el producto entre la tasa de bocados (bocados/minuto) y el peso de cada bocado (g), siendo este el componente más determinante sobre la tasa de consumo instantánea en animales en pastoreo (Chilibroste, 1998).

Carvalho (2013) demostró que, en condiciones de pastoreo, la ingesta y el rendimiento animal están determinados por la estructura de la pradera y la intensidad de defoliación, ya que determinarían la profundidad del bocado, siendo esta bastante proporcional y constante con la altura del forraje. Pero determinó que el peso de los bocados no aumenta linealmente con el aumento de la altura de la pradera y que hay rangos de alturas (dependiendo de cada especie en particular) que maximizan el peso de los bocados. Siendo así, esta la variable que mayormente explica la tasa de consumo animal instantáneo.

El aumento en la intensidad de defoliación genera que la altura de la pastura baje, y consiguientemente disminuya el peso de los bocados, en esta situación la tasa de bocado suele aumentar, gracias a que los movimientos mandibulares por bocado aumentan, esto posibilita compensar el bajo peso de los bocados y mantener la tasa de consumo voluntario siendo limitada por la anatomía bucal (Fonseca et al. 2013, Mezzalira et al. 2014, Benvenuti et al. 2016).

Pero a estos efectos de compensación existen restricciones, en el caso de que los tallos o pseudotallos (dependiendo de la especie tratada) invadan el horizonte de pastoreo, se crea una barrera física que los animales evitan pastorear reduciendo la profundidad del bocado, y con esto el peso de estos (Hodgson 1982, Chilibroste 1998, Mezzalira et al. 2014, Méndez et al. 2020).

Según Mezzalira et al. (2017) los pastos altos también limitan el peso de los bocados, por dispersar los componentes morfológicos (hojas) y disminuir la densidad volumétrica en los estratos superiores, lo que dificulta al animal manipular los tejidos vegetales, por lo tanto, baja frecuencia y alta intensidad de pastoreo conllevan a que el animal transite durante el pastoreo por grandes fluctuaciones en el peso del bocado.

En algunos estudios se encontraron restricciones en la formación de bocados y en la tasa de consumo debido al aumento de la defoliación; el peso de bocado disminuyó de 1,28 a 0,85 g de MS/bocado en un experimento con reducciones en la altura de 21 a 7 cm, de 1 a 0,66 g MS/bocado en un segundo experimento con reducciones en la altura de 11 a 6 cm, y de 0,31 a 0,23 g de MS/bocado con reducciones de 8 a 5 cm; mientras que la tasa de bocados no se vio afectada en cada experimento, pero denotando una disminución entre los experimentos (56 bocados/min. en el experimento 1, 62 bocados/min. en el experimento 2, y 76 bocados/min. en el experimento 3); concluyendo que someter a los animales a fluctuación de pastoreo muy amplias, conlleva a reducciones en el peso del bocado y mayores tasas de bocado a medida que progresa el pastoreo (Bargo et al., 2003).

Verdon et al. (2018) demostraron que la frecuencia de alimentación diaria por decisión humana tiene efecto sobre la producción. Aumentos en esta frecuencia puede resultar en pérdidas productivas debido al comportamiento ingestivo de los animales. Las restricciones temporales en la disponibilidad de forraje y sentimientos prolongados de hambre resultan en períodos de altas tasas de consumo, y como consecuencia mala masticación, desencadenando así tiempos de retención más prolongados de la digesta en el rumen y, por lo tanto, aumento en los patrones de fermentación ruminal no glucogénicos y metanogénicos que reducen la utilización de energía para fines productivos (Gregorini et al., 2012).

Respecto al tiempo de pastoreo, si este y la estructura del forraje no están limitados, existe una relación curvilínea entre el consumo de materia seca y la asignación de forraje. Ante una baja disponibilidad de forraje el animal tiene la capacidad de compensar este déficit con un aumento en el tiempo de pastoreo y así obtener un consumo diario adecuado para lograr una buena producción (Peyraud et al., 1996).

En bovinos normalmente se observan dos sesiones principales de pastoreo, una en la mañana y otra de mayor magnitud en la tarde, sin embargo, en el caso del ganado lechero el ayuno impuesto por el ordeño producirá cambios en el comportamiento ingestivo, que alteran el consumo instantáneo durante la jornada, afectando el patrón del tiempo de pastoreo efectivo (Chilibroste, 1998).

La causa de esto se explica por la respuesta animal a las horas del día, el momento y el tiempo de ordeño. El peso del bocado (base fresca), cuando la estructura vertical de pastoreo no se modifica, no difiere significativamente a lo largo del día, pero es de esperar que, visto como materia seca, sea mayor por la tarde debido a la mayor concentración de materia seca en la pastura en este momento (Orr et al. 1997, Gibbs et al. 1998, Taweel et al. 2004). En cuanto a la tasa de bocado, esta presenta un efecto cuadrático a lo largo del día, disminuyendo entre las 07 h. y las 11:30 h., y luego aumentando a las 16 h. para alcanzar un máximo a las 19 h. Finalmente, la interacción entre el peso y la tasa de bocado determinan que la tasa de consumo se incrementa linealmente a medida que avanza el día conduciendo a que el mayor consumo instantáneo de materia seca se dé previo a la noche, aunque visto como materia fresca, la tasa de consumo no aumenta significativamente a lo largo del día (Gibbs et al. 1998, Gregorini et al. 2011).

Bargo et al. (2003) mencionaron que bajo pastoreo rotativo varios autores concordaron en una reducción del tiempo de pastoreo de 8 minutos por kg de concentrado, sin efecto del concentrado sobre la tasa de consumo y que este último solo se vio influenciado por la estructura de la pastura durante el pastoreo. Siguiendo esta línea, Riquelme y Pulido (2008) sometieron a vacas lecheras bajo pastoreo a diferentes cantidades de concentrado con el motivo de evaluar el efecto de este sobre el comportamiento ingestivo. Llegaron a la conclusión que el tiempo de pastoreo

disminuye en promedio 9,6 minutos por kg de concentrado, cuando se aportan altas cantidades (9 kg), en cambio no se afecta el tiempo de pastoreo a cantidades moderadas (3 y 5 kg).

2.1.1.2 Efecto del pastoreo sobre la regulación del consumo

Existen muchas teorías sobre qué inicia y termina el pastoreo, y qué controla el consumo diario de forraje a corto plazo. Sin embargo, la regulación del consumo voluntario es de índole multifactorial, donde el comienzo y fin de la sesión es controlada por una combinación de señales. Las limitaciones metabólicas y físicas clásicas del consumo pueden operar en conjunto, pero diferir jerárquicamente bajo diferentes condiciones de alimentación. La composición química de la dieta resulta determinante en el control del consumo: el contenido de materia seca, el contenido de fibra detergente neutra especialmente su fracción indigerible, el tipo y la cantidad de carbohidratos, proteína y el tamaño de partícula, afectan el llenado del rumen y la tasa de pasaje, por lo tanto, la ingesta voluntaria por parte de los animales (Taweel et al., 2004).

Estos factores relacionados con la dieta son ciertamente importantes en un escenario donde el alimento ya ha sido ingerido. Una vez en el rumen, la composición química y digestibilidad determinan el ambiente ruminal, la cinética de la digestión, el perfil de fermentación, el flujo de nutrientes y la absorción, todos estos factores son desencadenantes del control metabólico de la ingesta.

La teoría de regulación física del consumo establece que el animal puede consumir hasta el "nivel de llenado del rumen", explicado por la presencia de receptores, tanto mecánicos como de estiramiento de la pared ruminal. Estos mecanismos son la principal determinante a la hora de limitar el consumo de materia seca. Sin embargo, se estableció que, entre la digestibilidad y el consumo existe una relación positiva, explicando que con digestibilidades mayores a 66% no tiene efecto la regulación física. Este es el caso de pasturas de alto valor nutritivo como lo son las gramíneas templadas, o las leguminosas (Chilibroste, 1998).

En estas ocasiones, probablemente el control del consumo esté influenciado por la teoría de regulación metabólica, donde la concentración de AGV y NH_3^+ tanto en rumen como en sangre, y la osmolaridad del mismo sean uno de los factores más importantes en lo que refiere a la regulación del consumo por esta vía. Es de esperar que estos compuestos se incrementen en el rumen bajo pastoreo de forraje de buen valor nutritivo (Taweel et al., 2004).

2.1.2 Estrategias de pastoreo

El criterio para definir el momento óptimo de pastoreo se basa en el objetivo deseado. Según Carvalho (2013), la velocidad de ingestión es el parámetro principal para definir la mejor altura de entrada. Pero para lograr altos niveles de consumo, es necesario que el pasto sea manejado con el fin de presentar el forraje al animal en una estructura que facilite la defoliación. A diferencia de esto Fulkerson y Slack (1995) mencionan que el número de hojas por macollo es un indicador determinante para definir el momento de defoliación ya que define la etapa de crecimiento de una pastura, sugiriendo como momento óptimo para realizar el pastoreo la etapa de crecimiento en que la pastura alcance la mayor acumulación de material verde. Parsons y Penning (1988) definen una defoliación severa como la eliminación de la mayor parte del área foliar, y lo consideran sinónimo de una eficiente utilización del crecimiento del pasto. De esta forma una mayor intensidad de pastoreo tiene como beneficio una mayor cantidad de forraje cosechado (Carámbula, 2007). Por su parte, Chilibroste et al. (2008) afirman que los pastoreos más intensos aumentan el porcentaje de utilización, ya que la remoción del forraje verde aumenta y disminuyen las pérdidas por senescencia.

Bajo esta situación, la intercepción de la luz se aproxima al 95%, ya que la acumulación de la pastura (principalmente de hojas) es casi máxima y la senescencia es todavía baja (Silva y Nascimento Júnior, 2007). Sin embargo, según Brougham (1956) cuando una pastura es defoliada con una mayor intensidad, el período de tiempo para lograr interceptar el 95% de la radiación incidente se alarga, determinando un período de tiempo mayor entre pastoreos sucesivos. Esto desencadena en que se desarrollen hojas largas, ya que cuando la defoliación es menos frecuente aumenta la competencia por luz entre las plantas (Mazzanti et al., 1994).

Existe una fuerte evidencia disponible en la literatura de que el tiempo cero de pastoreo debe ocurrir previo a la máxima acumulación de forraje, lo cual concuerda con un IAF cercano al 90%, siendo este el momento donde las tasas de crecimiento son aun altas, en esta situación la estructura de la pastura se caracteriza por presentar alturas intermedias lo que sugiere que este es el momento de pastoreo en el que los animales logran su máximo peso de bocado (Schons 2015, Eidt 2015).

Varios autores sugieren que la intensidad óptima de defoliación para gramíneas templadas es en torno al 40% de la altura de la pradera antes del pastoreo, a partir de este punto, se observa una disminución lineal en las tasas de consumo a medida que ocurren posteriores reducciones. Reducciones del 40% coincide con la exploración “horizontal” del 70% de la capa más superficial. Por lo tanto, animales bajo pastoreo moderado obtienen pesos de bocado más altos y con mayor diversidad de estos (Fonseca et al. 2012, Mezzalira et al. 2014, Carvalho et al. 2016). Utsumi et al. (2009) indican que la heterogeneidad de la pastura, vista como la variación de la altura en un espacio-tiempo determinado, permite una gran diversidad de bocados incidiendo esto sobre el consumo

a través de efectos sobre la formación y dimensión del bocado, así como la oportunidad de selección.

Carvalho (2013) integró estos hallazgos para proponer el “pastoreo rotacional” como una nueva estrategia de manejo del pastoreo basado en la respuesta animal a la estructura de la pradera, porque utiliza la altura e intensidad de pastoreo óptima que permite a los animales ingerir el forraje a las tasas instantáneas más altas y minimizar el tiempo de pastoreo. Además, mantiene que el manejar el pastoreo de forma "rotatoria laxa" resultará no sólo en un mayor rendimiento de los animales, sino también en una mayor producción de forraje. La razón es que el enfoque de rotar impone intensidades de pastoreo más aceptables, favoreciendo el crecimiento de la pastura y, por lo tanto, conciliando el compromiso entre la eficiencia de la cosecha y la producción de forraje. Carvalho et al., da Trindade et al., citados por Carvalho et al. (2016), bajo la norma del “pastoreo rotacional” registran mayores consumos diarios de materia seca, y mayor producción animal, apoyando la idea de que los animales que pastan responden positivamente a la diversidad de opciones de bocado.

Sin embargo, en la comunidad productora de leche predomina como criterio para el manejo del pastoreo solo la búsqueda de mayor cosecha instantánea de pasto, mucho más que incrementar el consumo individual de los animales. Se trata de situaciones de manejo inadecuado de las praderas en las que el pasto está lejos de satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales, donde los ensilajes y concentrados, como complemento, se convierten en el principal alimento (Carvalho, 2013).

2.1.3 Efecto de la defoliación sobre la pastura

2.1.3.1 Efecto sobre la fisiología vegetal

Los intentos de lograr una alta cosecha del forraje, y evitar la pérdida del mismo, son erróneos debido a varias razones. En primer lugar, cuando las plantas son severamente pastoreadas y queda poca hoja verde, el crecimiento vegetativo es llevado al inicio de la curva de crecimiento, donde está severamente restringida por el área foliar. Esto conduce a largos períodos de descanso, a una menor tasa de acumulación, y en consecuencia, a una menor productividad total de la planta. En segundo lugar, y en términos instantáneos la tasa de ingesta de los animales también es proporcional a la disponibilidad de área foliar, porque es la que limita el peso de cada bocado. Por esta razón, en los sistemas con largos períodos de descanso, la falta de hojas, principalmente en el post-pastoreo, limita la productividad de las plantas, afectando el flujo de la productividad de forraje (primaria) hacia la productividad animal o secundaria. Concluyendo que la estrategia de manejar el pastoreo de forma rotatoria laxa en base a la pastura promoverá tanto la productividad como la sostenibilidad de los sistemas de

pastoreo al lograr una alta productividad vegetal y animal, dejando al mismo tiempo suficientes residuos para cubrir el suelo (Schons et al., 2021).

Schons et al. (2021) en un ensayo realizado con ovinos pastoreando *Lolium multiflorum* bajo dos estrategias de pastoreo contrastantes: tradicional, con alturas de entrada y salida de 25 cm y 3 cm respectivamente, y rotacional con una altura de entrada de 18 cm y salida con 11 cm, obtuvieron que la cantidad de forraje, la acumulación diaria, la producción total y la masa residual de este fueron mayores para el pastoreo rotacional. La diferencia en la producción de forraje entre estos dos tratamientos puede explicarse por el hecho de que en el tratamiento rotacional, el dosel de pastura se mantuvo a una altura intermedia con mucho follaje y puntos de crecimiento permitiendo interceptar y utilizar la luz para sintetizar carbohidratos y destinarlos al crecimiento, mientras que en el tratamiento tradicional el dosel de la pastura se sometió a fluctuaciones dramáticas, desde alturas en las que la luz no llegaba a los estratos profundos del canopy, hasta zonas excesivamente defoliadas en las que la interceptación de la luz era mínima, las plantas carecían de superficie foliar y puntos de crecimiento para su recuperación. Otra explicación a la mayor producción de forraje en el tratamiento rotacional fue que hay mayor densidad de población de macollos, debido a que en este tratamiento hay una menor intensidad de defoliación y menor altura de la pradera antes del pastoreo. Con relación a esto los autores afirmaron que con manejos tradicionales se perjudica la producción de forraje en todo el ciclo.

Martins et al. (2020) concordaron en que los incrementos en la intensidad de defoliación presentan efectos negativos en el índice de área foliar, y, en consecuencia, en la tasa de crecimiento diaria (kg de MS/ha). Por lo tanto, para maximizar la producción de forraje, es necesario mantener una adecuada cobertura promedio, es decir un buen balance entre potreros que están por ser pastoreados y aquellos que han sido recientemente pastoreados. Para ello se debería monitorear la altura de la pastura pre y post-pastoreo (García y Fariña, 2010).

Fulkerson y Slack (1994) señalaron que el rebrote de *Lolium perenne* a los 6 días del pastoreo fue significativamente mayor para las plantas defoliadas en la etapa de tres hojas que en la etapa de una hoja, siendo explicado por una mayor concentración de carbohidratos en las raíces. Esto demuestra la importancia de la masa radicular, ya que determina el vigor inicial del rebrote.

Donaghy y Fulkerson (1998) determinaron que en *Lolium perenne* pastoreos menos intensos permiten que se asigne una mayor proporción de carbohidratos para mantener un sistema de raíces más activo promoviendo el macollamiento, en cambio el período de cese del crecimiento es más prolongado bajo pastoreos más intensos, además que provoca que casi la mitad de las raíces no sobrevivan en los primeros 10 días de rebrote, afectando la sobrevivencia de la planta frente a deficiencias hídricas y/o nutritivas del suelo (Saldanha et al., 2010).

En INIA (2019) se mencionan 4 pasos para mantener la productividad, persistencia y valor nutritivo de pasturas basadas en *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata*: asegurar una buena disponibilidad de nitrógeno desde fines de invierno, controlar el desarrollo reproductivo al comienzo de la primavera, cuidar la supervivencia de macollos durante el verano, y estimular la producción de nuevos macollos una vez que termina el verano.

Con relación al desarrollo reproductivo se demuestra que durante el mes previo a la fecha de floración se deben manejar pastoreos frecuentes (cada tres semanas) e intensos (remanente 5 cm) porque si se falla en este punto implica convivir durante toda la primavera y el verano con una estructura de pastura dominada por restos muertos que el animal rechaza e impiden el crecimiento activo de la pastura. Por otro lado, a medida que la temperatura va aumentando se va perjudicando la supervivencia de macollos, dando lugar a la aparición y expansión de malezas de verano anuales o perennes (ej. gramilla), que son muy difíciles de recuperar; por esto, la forma más segura de reducir la mortandad de macollos es dejar remanentes post-pastoreo de 10 cm (INIA, 2019).

2.1.3.2 Efecto sobre el valor nutritivo

La gestión del pastoreo debe basarse no sólo en el estado de rebrote sino también en el nivel de defoliación, ya que ambos tienen un fuerte impacto sobre el valor nutritivo del forraje consumido por los animales, y por lo tanto teniendo en cuenta estas cuestiones se puede ejercer un mayor control sobre este atributo del forraje (Benvenuti et al., 2016).

Se refiere a valor nutritivo como la respuesta animal basada en la composición química, digestibilidad y naturaleza de los productos digeridos, según estimaciones in vitro o análisis químicos in vivo (Allen et al., 2011). Se estima generalmente mediante dos características: el contenido de proteína bruta que corresponde aproximadamente a la concentración de nitrógeno en planta ($\% \text{PB} = 6,25 \times \% \text{N}$), y el contenido de energía metabolizable, es decir, la fracción del contenido energético total de la masa seca del forraje que es potencialmente digerida y metabolizada por los animales. Esta fracción puede expresarse mediante su digestibilidad, la cual puede medirse directamente en los animales a través del balance de materia seca entre la ingestión y la excreción de heces o, más sencillamente, estimarse mediante la digestión in vitro de muestras de forraje en un rumen artificial.

Durante la primavera, la pastura cosechada por los animales suele ser baja en fibra y alta en proteína degradable en rumen. Como resultado, una alta proporción de la proteína del forraje es rápidamente transformada a N-NH_3^+ por las bacterias ruminales. Esto provoca una excesiva absorción de N-NH_3^+ a través de las paredes del rumen e incrementa las pérdidas de nitrógeno por orina (Reis y Combs, 2000).

Como ya se mencionó, la proteína está correlacionada a la concentración de N en los tejidos, y este elemento disminuye a medida que las plantas crecen y se desarrollan, por el efecto llamado dilución del nitrógeno, provocando así un menor valor nutricional ya que la PC baja en pasturas de mayor altura. Por esta se debería optimizar la mejor fecha de cosecha monitoreando la fenología de la planta y el valor nutritivo de la misma (Lemaire y Belanger, 2019). Wims (2010) comprobó que mantener pasturas más altas incrementó la proporción de tallos y material senescente respecto a la proporción de hojas, mientras que las alturas de pre-pastoreo más bajas incrementó la proporción de hojas, siendo estas las que acumulan la mayor concentración de PC en la planta; en su ensayo con *Lolium perenne* obtuvo un 27,5% de PC cuando la pastura presentaba 6,8 cm y 21,1% de PC cuando 11,9 cm. Siguiendo esta línea, Da Cunha (2021) señala que las concentraciones de FDA son altas en pasturas de mayor porte respecto a las de menor porte debido a la mayor cantidad de tallos, los cuales acumulan la mayor parte de la fracción indigestible, por lo tanto se es de esperar que la digestibilidad sea inferior en pastura de mayor porte, conduciendo a una menor tasa de pasaje, incidiendo fuertemente sobre el consumo animal. El valor de digestibilidad va a depender no solamente del estado fenológico de la pastura, sino que también de la especie que se esté evaluando (Carriquiry, 2020), lo que provoca que la cantidad de nutrientes consumida por los animales sea diferente debido a las características morfofisiológicas de la pastura (Hodgson, 1990).

Benvenuti et al. (2016) demuestran que hubo una relación significativa entre la digestibilidad de la dieta y la altura residual de la pradera influyendo sobre la ingesta de nutrientes y eficiencia de conversión (kg leche/kg MS). La calidad de la dieta fue bastante constante a niveles bajos de defoliación, ya que una gran proporción de la dieta estaba constituida por el estrato superior de pastoreo de mayor valor nutritivo. Los animales evitaron los estratos inferiores hasta que el estrato superior de pastoreo fue muy utilizado. Por lo tanto, la proporción del estrato inferior, que es de menor valor nutritivo, en la dieta se mantuvo bajo hasta que aumentó exponencialmente a altos niveles de utilización del estrato superior de pastoreo, conduciendo a una fuerte disminución en la calidad de la dieta. Esto indica que la defoliación progresiva da lugar a una reducción de la calidad de la dieta debido a la incorporación gradual de tallos y forraje muerto en la dieta repercutiendo fuertemente en el desempeño animal. Savian et al. (2020) señalan que es posible ajustar la gestión de la altura de pastoreo para optimizar el tiempo de pastoreo, permitiendo a los animales seleccionar partes de la planta que contengan más hojas, aumentando el contenido de PC y la ingesta de materia seca.

Por lo tanto, para la gestión de los pastizales es importante desarrollar un modelo ajustado que represente las compensaciones entre la dinámica de la acumulación de forraje, y la disminución correlativa del valor nutritivo, para adaptar la mejor estrategia en el momento del pastoreo. El acoplamiento de los modelos de crecimiento del forraje con los modelos que estiman el valor nutritivo del mismo es de gran

importancia para que los ganaderos puedan optimizar sus sistemas de producción (Lemaire y Belanger, 2019).

2.2 MANEJO DEL CONCENTRADO

2.2.1 Efecto de la suplementación sobre el consumo

La suplementación con concentrados energéticos (como los granos de cereales) es una práctica que en general permite aumentar el consumo de materia seca y energía, y puede mejorar el balance de nutrientes cuando el valor nutritivo del forraje no es óptimo (Bargo et al., 2003).

Por otro lado, la inclusión de altos niveles de suplementos en la dieta de vacas lecheras puede deprimir el consumo de materia seca de forraje. Este fenómeno se denomina sustitución y es uno de los principales factores que afectan la respuesta productiva a la suplementación. Esta es variable y muy difícil de predecir, pero en general a mayor consumo de materia seca de pastura, mayor será la tasa de sustitución si se suplementa (Stockdale, 2000).

Stockdale (2000) encontró una relación lineal positiva entre el consumo de materia seca de pasto y la tasa de sustitución. El consumo en pastoreo es altamente dependiente de la estructura del tapiz y calidad del forraje ofrecido (Holmes, 1987), por lo que estas variables inciden fuertemente sobre la tasa de sustitución. Una reducción en la cantidad de pastura ofrecida llevará a una disminución en la tasa de sustitución y a un aumento en el consumo de materia seca y energía (Leaver, 1985).

Meijs y Hoekstra (1984) reportaron que un incremento en la oferta de pastura estuvo asociado a un aumento en el consumo de materia seca de pastura y una mayor tasa de sustitución. Con un nivel de oferta restrictivo para el consumo de pastura (15 kg MS/vaca/d) la tasa de sustitución fue baja (0,11) y la inclusión del suplemento incrementó considerablemente el consumo total de materia seca, mientras que con una oferta de pastura mayor (25 kg MS/vaca/d) la tasa de sustitución fue más alta (0,50).

Se ha hipotetizado que la tasa de sustitución de forraje por concentrado se produciría por la ocurrencia de efectos asociativos negativos en el rumen de vacas en pastoreo suplementadas con concentrado (Dixon y Stockdale, 1999), o que estaría relacionada con reducciones en el tiempo de pastoreo cuando las vacas son suplementadas (McGilloway y Mayne 1996, Riquelme y Pulido 2008).

La suplementación afecta el ambiente y digestibilidad del rumen, mientras que genera señales neuroendócrinas que tienen efectos hipofágicos. Estos mecanismos pueden tener un impacto en el comportamiento ingestivo, lo que resulta en menos

tiempo dedicado a la actividad de pastoreo, conduciendo a la sustitución de los pastos por la ingesta de suplementos (Bargo et al., 2002).

2.2.2 Efecto de la suplementación a nivel ruminal

La digestibilidad de la materia seca consumida total y el suministro total de nutrientes generalmente mejoran con la suplementación, aunque la inclusión de cereales en las dietas a base de forrajes a menudo reduce el pH ruminal, disminuyendo la actividad de las bacterias celulolíticas, por ende, la digestibilidad de la fibra y el consumo de pastos (Méndez et al., 2020).

Una disminución en los registros de pH ruminal en vacas en pastoreo resulta un efecto esperable en la medida que se incrementa el consumo de concentrado (5 a 10 kg MS) a base de granos de cereales ricos en almidón (Sayers et al., 2003). Sin embargo, Reis y Combs (2000) informaron que el pH ruminal no fue afectado por la suplementación de 10 kg diarios cuando esta cantidad se suministró dividida en dos veces al día, comprobando que vacas bajo pastoreo tienen una alta capacidad buffer.

Kolver et al. (2002) concluyeron que no se puede utilizar una variable o un grupo de variables de la dieta para predecir de manera confiable el pH ruminal. La interacción entre la cantidad y el tipo de concentrado con que se está suplementando y el valor nutritivo de la pastura pueden tener un rol muy importante sobre este parámetro (Bargo et al., 2003).

Como se mencionó anteriormente, es característico del forraje durante la primavera, generar altas concentraciones de $N-NH_3^+$ en el rumen. Ante un desfavorable balance energético este compuesto es potencialmente transformado a urea y perdido por la orina, o como otra variable indicadora de este proceso, la concentración de MUN será alta (Reis y Combs, 2000). Por lo tanto, el efecto más consistente de la suplementación energética sobre la fermentación ruminal es una reducción en la concentración de $N-NH_3^+$ ruminal (Bargo et al., 2003), lo que conlleva al incremento de la eficiencia en la síntesis de la proteína microbiana en el rumen (Van Vuuren et al., 1990).

2.3 PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA LECHE

Se demostró que la interacción entre el valor nutritivo del forraje y la cantidad consumida puede afectar el desempeño individual de los animales en el pastoreo, pero sugieren que los roles de cada uno están bien definidos. En cierta medida el consumo es quien determina el potencial de producción animal que se logra, pero mencionan que el valor nutritivo establece el límite superior en el desempeño animal final, explicando hasta más del 50 % de la producción, cuando el forraje ofrecido no es limitante (Waldo 1986, Sollenberger y Vanzant 2011, Salah et al. 2015).

En general el consumo de vacas en pastoreo se encuentra regulado por; factores relacionados a la pradera, principalmente las ya mencionadas características físicas y de valor nutritivo de estas; sumado a factores ligados al animal, capacidad de consumo (tamaño), nivel de producción de leche, estado de la lactancia y estado de la preñez (Peyraud et al., 1996). Los reportes indican que el consumo de vacas de alta producción podría llegar al 3,4% del peso vivo consumiendo únicamente pradera de buen valor nutritivo bajo excelentes condiciones en primavera (Bargo et al., 2003). Kennedy et al. (2003) mencionaron que existe una relación directa entre el nivel productivo de leche y consumo total de materia seca, por lo tanto, vacas de mayor potencial demandarían mayores consumos de materia seca. Durante la primavera, un reporte a nivel nacional de Menegazzi (2020) demostró que incrementar la altura residual de la pradera (festuca) de 9 cm a 15 cm, permite aumentar el consumo de forraje en 2,7 kg MS/vaca/d, explicando que la producción incrementase 5,6 kg leche/vaca/d. Aunque en ausencia de concentrados la producción de leche aumente solo gracias a manejos laxos, la producción potencial se aleja ampliamente en vacas de mayor potencial genético (Delaby et al., 2003)

Stockdale (1999), Morrison y Patterson (2007), plantean que, para cubrir los requerimientos nutricionales de los animales, así como para mejorar la eficiencia de utilización de la pradera, se podría recurrir a la suplementación, permitiendo alcanzar mayores producciones por vaca y por hectárea. Sin embargo Pulido y Leaver (2001) señalan que en general existe falta de información de cómo es la respuesta de vacas de diferentes niveles productivos a cambios en la oferta de pradera y a la suplementación con concentrados, esto lleva al desarrollo del mal uso de la suplementación, en casos en que el valor nutricional y la cantidad de la pradera alcanzan para cubrir las demandas de los animales, pudiéndose producir una disminución de la ingesta de pradera, incrementándose la tasa de sustitución (Sairanen et al., 2006).

La tasa de sustitución es uno de los principales factores que explican la variación observada en la respuesta de la leche a la suplementación y suele haber una relación negativa entre ambas. Cuando la tasa de sustitución es grande, lo que resulta en un pequeño aumento del consumo total, la respuesta productiva es baja.

La respuesta al uso de concentrados se asocia a una mayor producción de AGV y de estos una proporción mayor de propionato, AGV precursor de la glucosa, la cual es sintetizada a lactosa en la ubre, estando estrechamente ligada con la cantidad de leche producida cada día ya que este es el componente osmótico (Wattiaux y Armentano, 2015).

Baudracco et al. (2010) señalan que la respuesta a los concentrados es en función del déficit energético relativo, es decir la diferencia entre demanda energética (etapa de lactancia, potencial producción) y oferta energética (dieta pastura), siendo la respuesta esperada mayor en situaciones de un amplio déficit relativo. Por lo tanto, se podría llegar a esperar que la respuesta a los concentrados, sea dependiente de la oferta

de forraje (Peyraud et al., 1996). Sin embargo, no solo el consumo explica las respuestas de la leche a la alimentación suplementaria, ya que estas dependen de una amplia gama de factores como el potencial genético de la vaca, y la etapa de lactancia (Baudracco et al., 2010). Es muy amplia la literatura que demuestra que bajo pastoreo y con vacas de alto potencial genético, asignaciones de concentrado por debajo de los 6kg tienen respuesta en el entorno de 1 kg leche/kg concentrado (Bargo et al. 2003, Muñoz et al. 2015). Muchos autores en sus resultados coinciden, pero además agregan que existe respuesta diferencial según el manejo del pastoreo, debido a que las altas necesidades nutricionales de las vacas con alto potencial genético no se cubrirían solo mediante el pastoreo, donde la baja energía de las pasturas cubre en muy baja proporción la demanda animal, y menos aun cuando los animales obtienen bajo consumo (Delaby et al., 2003). No obstante, la respuesta productiva de vacas consumiendo suplementos de alta energía basados en granos de cereales declina a medida que el valor nutritivo de la pastura aumenta (Stockdale, 1999). Las respuestas encontradas por Delaby et al. (2003), Muñoz et al. (2015) estuvieron por debajo de lo mencionado anteriormente y además no presentaron diferente respuesta en leche bajo pastoreo laxo o severo de praderas de alto valor nutritivo durante la primavera cuando se agregaron aproximadamente 5 kg de concentrado. Del mismo modo Stockdale (1999) halló respuestas de 0,5 kg leche por kg de MS de concentrado durante primavera cuando se suplemento con 3 y 5 kg, siendo estas respuestas consideradas por el autor como bajas ya que vacas de alto potencial genético como las usadas en estos experimentos deberían destinar mayor cantidad de la energía consumida a la producción de leche planteándose como explicación, que sus resultados se pudieron deber al valor nutritivo de la pastura, ya que durante la primavera estas tuvieron mejores condiciones que durante verano-otoño, época en que obtuvieron respuestas de 1,1 kg leche por kg de MS. Reis y Combs (2000) ratificaron que en pasturas de calidad media, el uso de concentrados permite mejorar la respuesta productiva, logrando 0,83 kg leche por kg de MS del concentrado mediante la suplementación de 0 a 10 kg MS/vaca/d de concentrados.

Con respecto al efecto del manejo del pastoreo sobre la composición de leche, es importante comprender que cambios en la nutrición animal llevan a cambios en la composición de la leche, siendo esta relación compleja (Sutton, 1989). Pulido y Leaver (2001) evaluaron la altura del post-pastoreo de la pradera (4, 6 y 8 cm) y obtuvieron que, al aumentar la altura del residuo, la producción de grasa y proteína no aumenta significativamente, al igual que lo demostró Menegazzi (2020) donde la composición de la leche no tuvo respuesta a aumentar la altura post-pastoreo de 9 a 15 cm. Por su parte Delaby et al. (2003) indicaron que aumentos en la oferta de pradera, con bajos niveles de suplementación (0 – 6 kg), no tendrían un efecto significativo en el contenido de grasa de la leche producida por vacas en pastoreo.

La inclusión de suplementos energéticos en condiciones pastoriles en general aumenta el contenido proteico de la leche y deprime la concentración de grasa. El incremento en el contenido de proteína se debería a un aumento en la proporción de

propionato producido en el rumen y a una mayor producción de proteína microbiana (Beever et al., 2001). Los carbohidratos no-fibrosos (almidones) fermentan rápida y completamente en el rumen; estos incrementan la densidad de energía en la dieta, y en presencia de compuestos nitrogenados ($N-NH_3^+$) determinan la cantidad de proteína microbiana en el rumen (Wattiaux y Armentano, 2015). Sin embargo, Wattiaux (2018) indica que, si la producción de leche aumenta, la proteína bacteriana en el rumen puede resultar insuficiente y fuentes de proteína resistentes a la degradación ruminal pueden llegar a ser necesarias para proveer la cantidad requerida de aminoácidos. Aunque Reis y Combs (2000) mencionan que los mejores resultados se obtendrían al entregar concentrados energéticos, siendo la suplementación proteica menos consistente al evaluar el impacto sobre la proteína láctea.

En cuanto a la grasa de la leche, varios autores reportan que decrece al incrementarse el suministro de concentrados energéticos (Delaby et al. 2003, Sairanen et al. 2006), siendo explicado por una disminución del pH ruminal llevando a una reducción en la digestión de la fibra a medida que aumenta el nivel de suplementación con concentrado (García y Fulkerson, 2005), además que el porcentaje de ácido acético se reduce, siendo este el principal AGV precursor de la grasa (Wattiaux y Armentano, 2015). Al introducir concentrados en la dieta, la producción de leche se incrementa en mayor magnitud que la producción de grasa láctea generando un efecto de dilución, conduciendo a que la producción total de grasa aumente (Delaby et al. 2001, Bargo et al. 2002).

Sutton (1989), comenta que dietas con baja relación forraje/concentrado, presentan respuesta negativa en la grasa de la leche, pero el patrón de respuesta varía ampliamente, siendo esto reflejado por Bargo et al. (2003), quienes en una revisión de varios autores, reportaron respuestas disímiles entre ellos, aunque la gran mayoría concordó que el incremento de los concentrados en la dieta repercute en una caída de la concentración de grasa en leche, un 0,24% por kg MS concentrado, aunque el rango de variación entre autores es muy amplio (-1,23 a +0,22% por kg MS concentrado). Con relación a la proteína la mayoría de los estudios encontraron una relación lineal positiva al aumento de los concentrados en la dieta en torno a +0,13% por kg MS concentrado, sin gran variación entre autores (+0,01 a 0,25% por kg MS concentrado).

Acorde a esto, Reis y Combs (2000), demostraron en sus resultados que por incluir 10 kg MS concentrado/vaca/d a una dieta totalmente pastoril, se provoca una disminución de la grasa de 3,89 a 3,08%, mientras que las proteínas experimentan un incremento de 2,85% a 3,05%. Similares resultados fueron obtenidos por Delaby et al. (2003), observándose que a moderados niveles de suplementación (0; 1,7; 3,4; y 4,9 kg MS/vaca/d) el efecto sobre la grasa es significativo, tendiendo a decaer (3,9; 3,9; 3,8; y 3,7 % respectivamente). Estas respuestas a la suplementación fueron similares entre los dos sistemas de pastoreo (laxo y severo) y permaneció lineal hasta un nivel de 4,9 kg de concentrado. Por otra parte, la respuesta a la suplementación fue significativa para la

concentración de proteína en la leche bajo pastoreo severo (3,1 a 3,2 % respectivamente) y no significativa bajo pastoreo laxo manteniéndose en 3,2% en todos los niveles de suplementación evaluados. Sin embargo, Muñoz et al. (2015), contradicen estos hallazgos y reportan que un incremento moderado en la alimentación concentrada (1 vs. 5 kg MS concentrado/vaca/d) no tuvo ningún efecto sobre la grasa (3,4%), ni sobre la proteína (3,1%) de la leche, siendo tal vez como consecuencia de la ingesta de fibra adecuada y el uso de cantidades moderadas.

2.4 HIPÓTESIS

Cuando el manejo del pastoreo se basa en optimizar la tasa de consumo, la producción de leche será mayor en comparación a la lograda por manejos de pastoreos que se basen en obtener la mayor cosecha instantánea de forraje.

No se espera que aumente la producción de leche cuando se combina el uso de cantidades bajas de concentrados con un manejo de pastoreo que se basa en optimizar la tasa de consumo, sobre pasturas de alto valor nutritivo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El ensayo se llevó a cabo en la unidad de lechería, tambo convencional de INIA “La Estanzuela”, ubicado en el departamento de Colonia, ruta 50 km 11 (34° 20' S; 57° 41' W), Uruguay. El protocolo experimental con animales reportados en esta tesis se realizó con la aprobación de la Comisión de Ética en el Uso de Animales de Experimentación de INIA (registro INIA 202.16).

El experimento se realizó en el invierno-primavera de 2020, en el período comprendido del 11 de agosto al 30 de octubre de 2020, o sea, una totalidad de 80 días de trabajo de campo.

La temperatura media durante el ensayo (13,5°C) fue muy similar a la media histórica (13,4°C) según la serie histórica 1961-1990 de INIA “La Estanzuela”. Las precipitaciones acumuladas para el trimestre (193 mm) estuvieron por debajo de las precipitaciones acumuladas promedio (280 mm) según la serie histórica 1961-1990 de INIA “La Estanzuela”.

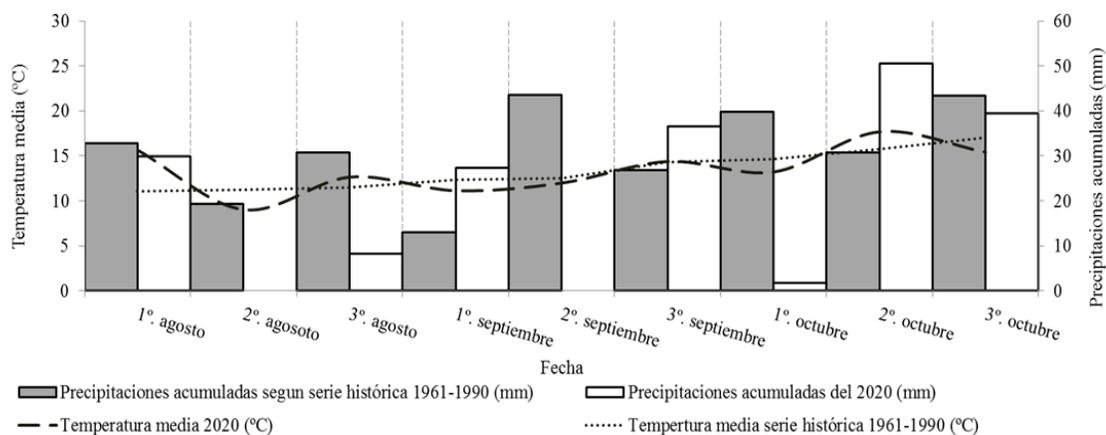


Figura No. 1. Temperatura media y precipitaciones acumuladas por década para INIA "La Estanzuela" durante el período de estudio

3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

El diseño experimental fue en bloques completos al azar con arreglo factorial 2×2 , el cual consistió en 4 tratamientos y 3 repeticiones ($n=12$ unidades experimentales o potreros).

Los bloques fueron basados en la edad de la pastura (bloque 1, segundo año; bloque 2, tercer año; bloque 3, cuarto año). Cada uno de estos bloques ocupaba una superficie de 6 ha, las cuales fueron divididas en cuatro potreros de 1,5 ha cada una, que fueron asignados al azar a cada tratamiento.

En pastoreo rotativo, fueron estudiadas dos estrategias de manejo del pastoreo, una basada en la máxima cosecha instantánea de forraje a partir de la máxima acumulación de forraje (número de hojas por macollo) para iniciar el pastoreo (MP), y otra basada en ofrecer una estructura ideal de pastoreo para maximizar el consumo de forraje (MA); ambos manejos combinados a dos niveles de concentrados, 4 kg de concentrado (S4) o sin asignación de concentrado (S0). Los tratamientos quedaron conformados en: MA-S0, MA-S4, MP-S0, MP-S4.

Para el tratamiento MA, el manejo de pastoreo se basó en mantener altas tasas de consumo de forraje por los animales (Carvalho, 2013). La literatura demuestra que dicho objetivo se cumple a los 21 cm para *dactylis* (Cazcarra et al., 1995), permitiendo reducciones del 40% durante el pastoreo y consiguiendo alturas post-pastoreo de aproximadamente 13 cm (Fonseca et al. 2012, Mezzalira et al. 2014). El manejo MP se basó en lograr que se coseche todo el forraje disponible, para obtener una alta cosecha instantánea de la pastura (Carámbula 2007, Chilbroste et al. 2008), para ello el criterio de entrada fue en 3 hojas desarrolladas por macollo (Fulkerson y Slack, 1995), momento en el cual la acumulación de forraje verde es máxima para *dactylis* (Parsons y Penning, 1988), mientras que el criterio de salida apuntó a lograr un mínimo de área foliar remanente.

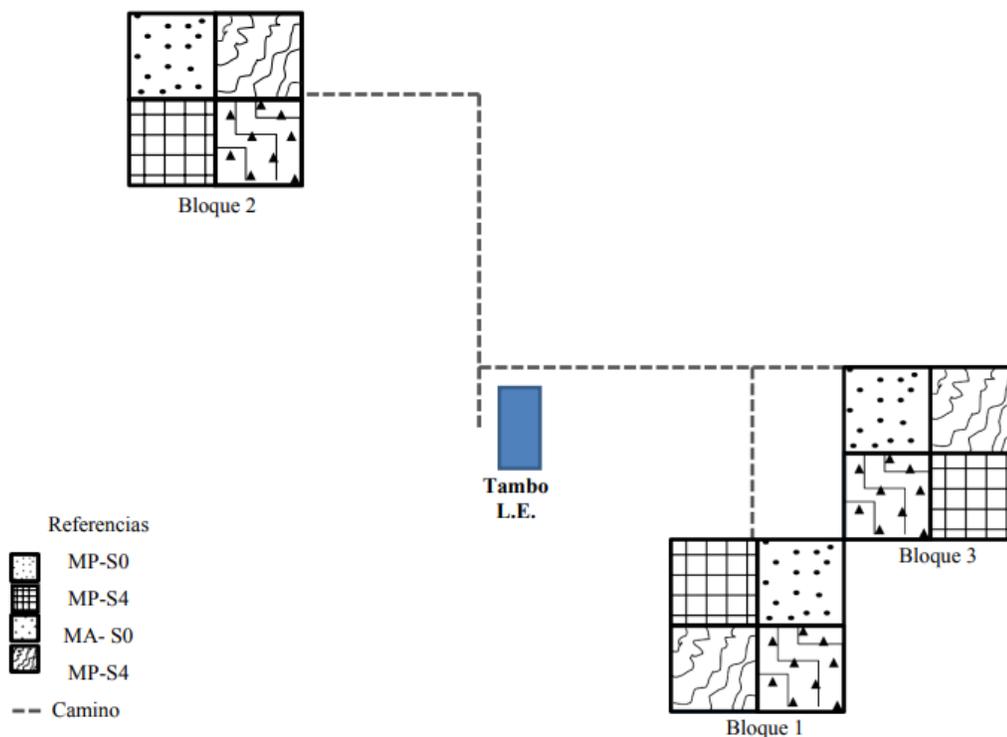


Figura No. 2. Distribución de bloques y tratamientos

3.3 ANIMALES Y MANEJO

Se utilizaron 24 vacas “test” de la raza Holando, de las cuales 16 eran multíparas y 8 eran primíparas, seleccionadas del rodeo del tambo convencional de INIA "La Estanzuela", con las siguientes características al 11 de agosto: producción de leche $28,9 \pm 3,69$ kg, 116 ± 16 días de lactancia, 550 ± 46 kg de peso vivo, y $2,8 \pm 0,1$ puntos de condición corporal.

Para la asignación a los tratamientos, las vacas fueron divididas en tres grupos: primíparas, multíparas de “alta” y multíparas de “media” producción, siendo estos grupos lo más homogéneos posible en las variables antes mencionadas. Los tres grupos se asignaron a los bloques de forma aleatoria. Dentro de cada grupo de 8 animales se formaron dos subgrupos divididos nuevamente por las mismas características ya mencionadas. De cada subgrupo se asignó al azar una vaca por cada uno de los cuatro potreros.

La disposición de los grupos de vacas fue la siguiente: bloque 1, multíparas “media”; bloque 2, primíparas; bloque 3, multíparas “alta”.

Finalmente, todos los bloques quedaron constituidos por 4 tratamientos, y con 2 vacas “test” en cada potrero.

Durante el ensayo se contaba con vacas secas manejadas en un lote apartado de las vacas experimentales, a las que no se le efectuaron mediciones, ya que el objetivo de su uso era solamente controlar el forraje del área sobrante al finalizar un ciclo de pastoreo, para mantener altura/número de hojas por macollo en los rangos establecidos en caso de que las vacas experimentales tuvieran que pastorear esa superficie en el próximo ciclo de pastoreo.

3.3.1 Alimentación

El 22 de julio se dio comienzo a la aplicación de una dieta de transición la cual fue suministrada durante tres semanas previas al inicio del ensayo, para que las vacas se acercaran a la dieta que les sería asignada durante el mismo.

La dieta de los animales inicialmente estaba constituida por 4 kg de forraje aproximadamente, 8 kg de reservas y 7 kg de concentrado, mientras que una vez comenzado el período de transición el consumo de forraje se incrementó al 50%, las reservas disminuyeron un 30% y el concentrado se redujo 70 o 40% dependiendo si las vacas recibirían después 0 o 4 kg de concentrado, respectivamente. El 11 de agosto se pasó a la dieta del experimento (sin reservas y con los correspondientes niveles de concentrado).

3.3.1.1 Pasturas

Se utilizó una pradera permanente simple de *Dactylis glomerata* cv. INIA LE Perseo, a la cual se le pasó rotativa a finales de mayo del 2020 y se cerró hasta comenzado el ensayo. A fines de mayo la pastura fue fertilizada con 100 kg P (superfosfato común), 50 kg de N, 20 kg de S (urea azufrada) y 25 kg de K (KCl), Además, en julio, la pastura fue fertilizada con 50 kg de N (urea), y 25 kg de K (KCl). A fines de septiembre-principios de octubre, durante la estación de pastoreo, se realizaron fertilizaciones adicionales con 106 kg de N (urea verde) por ha. Este tipo de urea presenta la mayor concentración de nitrógeno (46 kg N cada 100 kg de urea), pero se destaca por presentar una liberación lenta del amoníaco y así lograr disminuir las pérdidas de nitrógeno por volatilización mejorando la eficiencia del nitrógeno. Las aplicaciones de N se realizaron sobre el área que fue pastoreada al menos una vez, y que no fuese usada por los animales durante los próximos siete días con el fin de evitar problemas de toxicidad de las vacas.

3.3.1.2 Concentrado

Se utilizó el concentrado comercial (Prolacta 16) en forma peleteada, suministrado en la sala de ordeño a las vacas que lo incluían en su tratamiento en cantidades de 4 kg en base seca, observándose posterior al ordeño si había rechazo en los comederos. Si bien inicialmente la idea consistía en una dieta a razón de 4 kg de MS de concentrado, análisis posteriores al concentrado arrojaron concentración de MS inferiores a las esperadas, por lo que determinó que se asignaran 3,8 kg de MS.

Semanalmente se extrajeron muestras para determinar la composición química del mismo, la cual se detalla en el cuadro No. 1.

Cuadro No. 1. Características químicas del concentrado (%) ofrecido para las vacas

Composición química (%)*	Media \pm Desvío estándar
MS	84,86 \pm 1,48
PC	19,08 \pm 1,61
FDN	26,08 \pm 2,01
FDA	9,71 \pm 0,76
Cenizas	7,65 \pm 7,65

Referencias: MS= Materia seca, PC= Proteína cruda, FDN= fibra detergente neutro, FDA= Fibra detergente ácida.

3.3.2 Rutina e instalaciones

Diariamente se realizaron dos ordeños, a las 4 h. y a las 14 h. Llegado el momento, se guiaba el grupo de 8 vacas de cada bloque de forma ordenada y separadas de las vacas de los demás bloques hacia la sala de ordeño. Esta rutina se mantuvo durante todo el período de traslado. Para finalizar y de vuelta en los bloques se separan los pares de vacas correspondientes a cada tratamiento.

La sala de ordeño contaba con lectores de caravanas de forma de asignar automáticamente el concentrado a las respectivas vacas que lo incluían en parte de su

tratamiento. Se realizaron controles lecheros los martes y jueves en ambos horarios de ordeño (4 mediciones semanales).

Para el manejo del pastoreo, se ajustaron franjas diarias de ancho fijo (20 m) y largo variable, en función de los objetivos de cada tratamiento. El ingreso de las vacas a una nueva franja de pastoreo se produjo luego del ordeño vespertino, siendo el pastoreo en doble turno, es decir un pastoreo de 8 h luego del ordeño vespertino, y otro pastoreo de 11 h luego del ordeño matutino. Cuando la primera franja ya asignada alcanzó la altura o el número de hojas por macollo objetivo, se retornó a ella, comenzando un nuevo ciclo de pastoreo, y así sucesivamente a lo largo del ensayo.

En función de esto el área promedio de cada tratamiento utilizada por día fue de: 722, 700, 208, y 187 m² para los tratamientos MA-S0, MA-S4, MP-S0 y MP-S4, respectivamente.

Los bloques se encontraban a 958 m promedio de distancia por los caminos hacia la sala de ordeño, contando con bebederos individuales para cada potrero, además de un bebedero común en la sala de ordeño.

3.4 MEDIDAS REALIZADAS

3.4.1 Altura de la pastura

Diariamente se hicieron mediciones con un dispositivo llamado sward-stick (Barthram, 1985), que consta de una varilla graduada en cm, incluyendo una lengüeta donde se utiliza para observar el contacto con las hojas de la pastura, y realizar la medición.

El muestreo de mediciones consistió en 80 puntos distribuidos en forma de zig-zag por franja diaria, pre y post-pastoreo, en todos los potreros.

Se alternaron día de por medio mediciones pre y post-pastoreo, totalizando 6 mediciones por semana, las mediciones de pre y post-pastoreo fueron realizadas en la misma franja. Esto permitía ajustar y diseñar el tamaño de cada parcela para el pastoreo posterior.

3.4.2 Conteo de hojas

Durante 4 días por semana se recolectaron al azar 10 macollos por franja en cada tratamiento para su respectivo conteo de hojas, alternándose día de por medio conteo en pre y post-pastoreo. El conteo en pre y post-pastoreo fueron realizados en la misma franja.

3.4.3 Composición química de la pastura

La estimación de la composición química de la pastura se realizó en todos los potreros durante dos períodos (1/10 al 10/10 y 20/10 al 30/10) a través del “hand plucking”. Esta metodología de muestreo se basó en Johnson (1978), indicando que la extracción se debe realizar simulando el bocado de las vacas en el momento preciso en que están pastoreando. Las muestras se extrajeron en dos momentos [PM: inmediato al ingreso de los animales a la franja (15h), AM: a la mañana siguiente (9:00 h)], y los resultados correspondientes a ambos momentos se promediaron para estimar la composición química diaria promedio de la pastura. Las muestras de *Dactylis glomerata*, fueron pesadas en base fresca, luego secadas en estufa a 55°C durante 72 h y pesadas nuevamente en base seca parcial. Posteriormente fueron molidas y tamizadas a 1 mm para enviarse al laboratorio de Nutrición animal INIA “La Estanzuela” donde se les realizó un análisis químico. Allí se estimaron los parámetros Materia Seca Analítica (MSA) de acuerdo a UNIT-ISO, PC de acuerdo a (Kjeldahl methodology; distiller Kjeltex 8200 FOSS) y FDA/FDN (using α -amylase and sodium sulfite) con analizador de fibra (ANKOM Technology Method, Macedon, NY, USA), por último, la MO se analizó según la norma UNIT-ISO Determinación del contenido de cenizas.

3.4.4 Estimación del consumo

La estimación de consumo se realizó en el período coincidente con el mencionado para la estimación de composición química de la pastura.

La metodología empleada consistió en suministrar diaria e individualmente a las vacas durante 10 días, dióxido de titanio (TiO₂), a razón de 11,6 g/d (Glindemann et al., 2009), contenido en una cápsula la cual facilita que sea ingerido por el animal. Este material se utiliza como marcador para estimar la producción fecal.

Se extrajeron muestras de heces los últimos 5 días de cada período, las cuales fueron secadas en estufa durante 72 h a 60°C y luego molidas y tamizadas a 1 mm para ser enviadas al laboratorio INIA "La Estanzuela". De estas muestras se obtuvieron los contenidos de PC, FDA y TiO₂. La metodología que se empleó en cada caso fue: PC (N × 6,25), FDA y FDN (using α -amylase and sodium sulfite) con analizador de fibra (ANKOM Technology Method, Macedon, NY, USA) y Myers et al. (2004) para estimar TiO₂.

Para no generar errores de estimación del consumo, se extrajeron muestras previas de heces, antes de las dosificaciones, llamadas “muestras blancas”, las cuales tuvieron el objetivo de conocer si en las heces existe concentración de TiO₂ que no proceda del suministrado manualmente.

La producción fecal (kg MO/vaca/d) se calculó como el cociente entre el TiO_2 suministrado y la concentración de TiO_2 en las heces.

$$\text{PF (kg MO/vaca/d)} = \text{TiO}_2\text{s (kg/d)} / \text{TiO}_2\text{h (kg/kg)}.$$

La digestibilidad de la materia orgánica se calculó mediante la ecuación propuesta por Ribeiro et al. (2005), la cual cuenta en su base de datos ensayos evaluados en vacas lecheras pastoreando dactylis.

$$\text{DMO (\%)} = 1,035 - (24,78/\text{PC (\%)}) - (0,00027 * \text{FDA (\%)}) - (0,0571 * \text{PC (\%)}) / \text{PC (\%)}.$$

Finalmente, el cálculo de consumo total se realizó de la siguiente manera.

$$\text{CMO total (kg MO/vaca/d)} = \text{PF (kg MO/vaca/d)} / (1 - \text{DMO (\%)}).$$

A este resultado se le descontó el consumo de concentrado para conocer el consumo de forraje.

$$\text{CMO total (kg MO/vaca/d)} = \text{CMO total (kg MO/vaca/d)} - \text{CMOC (kg MO/vaca/d)}.$$

Siendo este valor convertido a consumo de materia seca de la siguiente forma.

$$\text{CMSF (kg MS/vaca/d)} = (\text{CMOF (kg MO/vaca/d)} * 100) / \text{MO (\%)}^*.$$

* MO de la pastura estimado para cada tratamiento.

3.4.5 Producción y composición de la leche

Se midió la producción de leche individual diariamente, de forma automática al momento del ordeño mediante sistema electrónico.

En cuanto a la composición de la leche se extrajeron 4 (2 AM y 2 PM) muestras individuales de leche semanalmente, las cuales fueron almacenadas, y posteriormente analizadas en cuanto al contenido de grasa, proteína y lactosa en el Laboratorio de Calidad de Leche de INIA mediante espectroscopía infrarroja transformada de Fourier (FTIR por su sigla en inglés) en el equipo MilkoScan FT+ (Foss Electric A/S, Hillerod, Dinamarca). La metodología que se usó para evaluar estos parámetros es la norma ISO Milk and liquid milk products.

Cuadro No. 2. Glosario de las abreviaciones utilizadas

CMOC	Consumo de materia orgánica de concentrado
CMOF	Consumo de materia orgánica de forraje
CMOT	Consumo de materia orgánica total
CMSF	Consumo de materia seca de forraje
DMO	Digestibilidad de la materia orgánica
FDA	Fibra detergente ácida
FDAh	Fibra detergente ácida en heces
FDN	Fibra detergente neutra
MO	Materia orgánica
PF	Producción fecal
PC	Proteína cruda
PCh	Proteína cruda en heces
TiO ₂	Dióxido de titanio
TiO ₂ h	TiO ₂ en las heces
TiO ₂ s	TiO ₂ suministrado

3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables a medir fueron altura del forraje, número de hojas por macollo, MO, PC, FDN, FDA de la pastura, consumo de forraje, consumo total, producción de leche, porcentaje y producción de sólidos en la leche. Los datos fueron analizados mediante diseño en bloques completos al azar, con arreglo factorial 2×2 . Se utilizó un modelo lineal mixto (PROC GLIMMIX del SAS versión 2004), tomando como efectos fijos al manejo del pastoreo, el suplemento, y las interacciones en dos vías; y como efectos aleatorios la parcela (manejo \times suplemento \times bloque), bloque, vaca y las interacciones en dos y tres vías.

Para la comparación de medias se usó Tukey considerando diferencias significativas cuando el p-valor $< 0,05$.

4. RESULTADOS

4.1 ALTURA Y NÚMERO DE HOJAS POR MACOLLO

La altura y el número de hojas por macollo de la pastura en pre y post-pastoreo se presentan en el cuadro No. 3. Se halló efecto significativo del manejo del pastoreo (p -valor=0,005; $<0,001$) sobre la altura pre y post-pastoreo respectivamente. La altura promedio pre-pastoreo fue superior en los manejos MP (28,3 cm) respecto a los MA (23,5 cm), mientras que la altura post-pastoreo promedio fue superior para los manejos MA (14,4 cm) respecto a los manejo MP (10 cm, ver anexos No. 1, No. 2 y No. 3).

Esto significó que la remoción de forraje promedio en el manejo MA luego del pastoreo fue del 39%, logrando el objetivo propuesto del 40%. Para el manejo MP la remoción promedio fue del 65%, lo que significó lograr el objetivo de maximizar la cosecha de la pastura (ver anexo No. 4).

En cuanto al número de hojas por macollo, solo hubo efecto significativo del manejo del pastoreo (p -valor=0,005; $<0,001$), para el pre y post-pastoreo respectivamente. El manejo MP removió 2,55 hojas por macollo, lo que significó para este manejo la máxima cosecha posible, mientras que en el manejo MA se removieron 1,25 hojas por macollo.

Cuadro No. 3. Altura y número de hojas por macollo del dactylis con vacas lecheras pastoreando en dos estrategias de manejo del pastoreo (MP) y dos niveles de asignación de concentrado (AC)

	Tratamientos				E.E.M	p-valor		
	MA-S0	MA-S4	MP-S0	MP-S4		MP	AC	MP x AC
Altura (cm)								
Pre-pastoreo	22,9	24,1	27,7	28,9	1,45	0,005	0,388	0,969
Post-pastoreo	13,9	14,9	9,6	10,4	0,55	<0,001	0,075	0,862
Número de hojas								
Pre-pastoreo	2,5	2,6	3,3	3,4	0,091	<0,001	0,326	0,881
Post-pastoreo	1,3	1,3	0,8	0,8	0,040	<0,001	0,747	0,796

Referencias: MP = Manejo del pastoreo AC = Asignación de concentrado MP x AC = Manejo del pastoreo x Asignación de concentrado E.E.M = Estándar error de la media.

4.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PASTURA

En cuanto a la composición química del forraje, solo hubo efecto significativo del manejo de pastoreo (p-valor=0,002; 0,002; 0,002) sobre la MO y la concentración de PC y FDA respectivamente, no habiendo efecto sobre la FDN (p-valor=0,354). Los manejos MA en promedio fueron 20 % superiores en PC y 10 % inferiores en FDA que los manejos MP (ver anexo No. 5).

Cuadro No. 4. Composición química en base seca del dactylis, con vacas lecheras pastoreando en dos estrategias de manejo del pastoreo (MP) y dos niveles de asignación de concentrado (AC)

Composición química (%)*	Tratamientos				E.E.M	p-valor		
	MA-S0	MA-S4	MP-S0	MP-S4		MP	AC	MP x AC
MO	90,8	90,6	89,5	89,8	0,23	0,002	0,788	0,324
PC	26,1	25,7	21,1	21,9	0,95	0,002	0,842	0,506
FDN	59,5	59,2	59,2	58,7	0,55	0,354	0,303	0,811
FDA	23,3	23,6	26	26,1	0,68	0,002	0,693	0,814

Referencias: MP = Manejo del pastoreo AC = Asignación de concentrado MP x AC = Manejo del pastoreo x Asignación de concentrado E.E.M = Estándar error de la media.

4.3 CICLOS DE PASTOREO

Durante todo el experimento los manejos MA en promedio tuvieron una duración de 16 días antes de completar un ciclo de pastoreo, lo que resultó en que se completaran 5 ciclos de pastoreo durante el experimento, mientras que a los manejos MP en promedio les tomó una duración de 38 días completar un ciclo de pastoreo, logrando 2 ciclos de pastoreo en el experimento.

Cuadro No. 5. Cantidad y duración de los ciclos de pastoreo de vacas lecheras pastoreando dactylis sobre dos estrategias de manejo del pastoreo (MP) y dos niveles de asignación de concentrado (AC)

Tratamientos							
MA-S0		MA-S4		MP-S0		MP-S4	
Ciclo (No.)	Duración (días)	Ciclo (No.)	Duración (días)	Ciclo (No.)	Duración (días)	Ciclo (No.)	Duración (días)
1	19	1	19	1	36	1	36
2	21	2	21	2	40	2	40
3	16	3	16				
4	16	4	16				
5	9	5	9				

4.4 CONSUMO

Se puede apreciar en el cuadro No. 6 que el consumo de forraje fue afectado por el manejo del pastoreo (p-valor=0,029) y por la asignación de concentrado (p-valor=0,025), pero no hubo efecto de la interacción manejo de pastoreo y asignación de concentrado (p-valor=0,535)

En promedio, el manejo MA logró un consumo total de 12 % (1,85 kg MS/vaca/d) más que MP, mientras que los animales que fueron suplementados consumieron en promedio 14 % (1,95 kg MS/vaca/d) menos de forraje que los no suplementados.

Cuadro No. 6. Consumo de vacas lecheras pastoreando dactylis sobre dos estrategias de manejo del pastoreo (MP) y dos niveles de asignación de concentrado (AC)

Consumo (Kg MS/vaca/d)	Tratamientos				E.E.M	p-valor		
	MA-S0	MA-S4	MP-S0	MP-S4		MP	AC	MP x AC
Forraje	16,3	13,9	14	12,5	0,898	0,029	0,025	0,535
Concentrado	0	3,8	0	3,8	-	-	-	-
Total	16,3	17,7	14	16,3	0,898	0,029	0,033	0,535

Referencias: MP = Manejo del pastoreo AC = Asignación de concentrado MP x AC = Manejo del pastoreo x Asignación de concentrado E.E.M = Estándar error de la media.

4.5 PRODUCCIÓN DE LECHE, COMPOSICIÓN Y PRODUCCIÓN DE SÓLIDOS EN LA LECHE

La producción de leche (ver anexo No. 6) fue afectada por el manejo de pastoreo (p -valor=0,032), encontrando en promedio una superioridad del 22% del manejo MA por sobre el manejo MP (26,3 vs. 20,5 kg/vaca/d, respectivamente). No hubo efecto significativo de la asignación de concentrado (p -valor=0,104) ni de la interacción asignación de concentrado por manejo del pastoreo (p -valor=0,523).

En cuanto a la composición de leche (cuadro No. 7) no hubo efectos significativos del manejo de pastoreo (p -valor=0,245; 0,828; 0,748), ni la asignación de concentrado (p -valor=0,428; 0,671; 0,281), o la interacción de estos (p -valor=0,747; 0,104; 0,937), sobre la grasa, proteína y lactosa respectivamente. En promedio la composición de grasa fue de 4,10%, proteína 3,31% y lactosa 4,86%.

Para la producción de sólidos hubo efecto del manejo del pastoreo (p -valor=0,029; 0,019; 0,042) sobre la grasa, proteína y lactosa respectivamente. Si hubo efecto de la asignación de concentrado sobre la producción de grasa (p -valor=0,0147), pero no (p -valor=0,12; 0,128) sobre la producción de proteína y lactosa respectivamente. Además, no se encontró efecto de la interacción entre el manejo de pastoreo y la asignación de concentrado (p -valor=0,217; 0,793; 0,551) sobre la grasa, proteína y lactosa respectivamente. En promedio, el manejo MA produjo un 29% más de sólidos totales que el manejo MP (3,10 y 2,45 kg sólidos/vaca/d para MA y MP respectivamente).

Cuadro No. 7. Producción de leche, composición y producción de sólidos en vacas lecheras pastoreando dactylis sobre dos estrategias de manejo del pastoreo (MP) y dos niveles de asignación de concentrado (AC)

		Tratamientos				p-valor		
		MA-S0	MA-S4	MP-S0	MP-S4	MP	AC	MP x AC
Producción de leche	kg/d	23,9 ±1,61	28,7 ±1,61	19,3 ±1,61	21,7 ±1,61	0,032	0,104	0,523
Grasa	%	4,03 ±0,188	3,94 ±0,188	4,33 ±0,189	4,11 ±0,188	0,245	0,428	0,747
	kg/d	0,92 ±0,072	1,11 ±0,071	0,82 ±0,071	0,84 ±0,071	0,029	0,0147	0,217
Proteína	%	3,36 ±0,10	3,26 ±0,098	3,27 ±0,098	3,33 ±0,098	0,828	0,671	0,104
	kg/d	0,78 ±0,072	0,92 ±0,072	0,59 ±0,072	0,70 ±0,072	0,019	0,12	0,793
Lactosa	%	4,82 ±0,100	4,93 ±0,100	4,78 ±0,100	4,91 ±0,100	0,748	0,281	0,937
	kg/d	1,09 ±0,130	1,39 ±0,130	0,87 ±0,130	1,01 ±0,130	0,042	0,128	0,551

Referencias: MP = Manejo del pastoreo AC = Asignación de concentrado MP x AC= Manejo del pastoreo x Asignación de concentrado ±...= ± Estándar error de la media.

5. DISCUSIÓN

5.1 RESPUESTA ANIMAL Y VEGETAL

Los resultados obtenidos en el presente ensayo indican que la producción de leche solo respondió al manejo del pastoreo, donde la mayor producción individual fue hallada en el manejo MA, encontrándose en promedio un 22% por encima del manejo MP. Probablemente esta superioridad del manejo MA se explique por el consumo superior y de mayor valor nutritivo.

El uso de concentrado a razón de 3,8 kg/vaca/d no tuvo efecto sobre la producción de leche de cada uno de los tratamientos evaluados. Probablemente no hubo efecto porque las cantidades utilizadas fueron bajas, y bajo estas circunstancias de buen valor nutritivo de la pastura, el efecto del concentrado no se refleja estadísticamente en la producción de leche. Los resultados obtenidos concordaron con algunos estudios (Stockdale 1999, Delaby et al. 2003, Muñoz et al. 2015), donde hallaron bajas respuestas al uso de concentrado durante primavera cuando se suministra entre 3 y 5 kg, e indican que esto se debe al alto valor nutritivo que tienen las pasturas durante esta estación. Por lo tanto, el uso en cantidades moderadas (de 3 a 5 kg) de concentrado en la dieta de vacas Holando pastoreando *dactylis* en primavera no tendría efectos positivos sobre la producción de leche, destacando que el manejo de pastoreo sería la principal explicación a las diferentes producciones de leche entre los tratamientos.

En base a los resultados se afirmó que manejar el pastoreo con la finalidad de alcanzar el consumo potencial, permite dicho cometido, este manejo logró consumir en promedio 1,85 kg MS/vaca/d más de forraje, lo que explicaría que la producción lechera fuera en promedio 5,75 kg leche/vaca/d superior que el manejo MP. Esto concuerda con Menegazzi (2020) quien reporta incrementos en el consumo y en la producción cuando el manejo del pastoreo resulta en residuos mayores (15 cm), concluyendo que esto se debió al mejor comportamiento ingestivo de los animales.

El consumo de forraje, es el producto entre el tiempo de pastoreo y la tasa de consumo, siendo este último el resultado entre la tasa y el peso de los bocados (Chilibroste, 1998). Por tratarse de vacas lecheras, el tiempo de pastoreo es limitado por el ordeño y los traslados, ya que estos restringen el tiempo disponible para pastorear, de esta manera no sería posible afirmar que el consumo fue explicado por un tiempo de pastoreo diferente, ya que ambos manejos tuvieron la misma oportunidad temporal. Dada esta situación, es fundamental entender cuál o cuáles son los factores que afectaron a la tasa de consumo, ya que todo apunta a que este fue el parámetro que explicó el mayor consumo de forraje del manejo MA respecto al manejo MP.

Efectivamente, el manejo del pastoreo en MA ofrece una estructura de pastos donde se espera que los animales logren alcanzar bocados profundos, y así se dé el

mayor peso de cada uno de estos, para concretar que la tasa de consumo fuese maximizada durante toda la sesión de pastoreo, o al menos, que haya sido en promedio superior a la tasa de consumo de los animales del manejo MP.

El pastoreo del manejo MP si bien transita por estas estructuras de pastos, no logra que la tasa de consumo fuese maximizada durante toda la sesión de pastoreo. Definir que el ingreso al pastoreo en este manejo fuese en 3 hojas por macollo condicionó que las alturas iniciales fuesen muy altas (28,3 cm), perjudicando el peso de los bocados, y por lo tanto la tasa de consumo, ya que a estas alturas de forraje los componentes morfológicos se dispersan, disminuyendo la densidad volumétrica y provocando que los movimientos mandibulares no logren retener el mayor volumen posible de forraje (Mezzalira et al., 2017). A medida que transcurre el pastoreo y sobre el final de la sesión, los animales se enfrentan al estrato inferior de la pastura, aquí se limita la profundidad del bocado ya que es en función de la altura, por ende el peso de estos se ve perjudicado, en esta situación sería de esperar que una tasa de bocados mayor compensará el peso de estos manteniendo la tasa de consumo (Fonseca et al. 2013, Mezzalira et al. 2014, Benvenuti et al. 2016), pero, estos estratos por estar dominados por pseudotallos y vainas (resistentes al corte por sus características químicas), genera que los animales eviten pastorearlos, impidiendo mantener la tasa de consumo (Hodgson 1982, Chilibroste 1998, Mezzalira et al. 2014, Méndez et al. 2020).

Además del consumo las vacas del manejo MA lograron consumir una dieta de mayor valor nutritivo, demostrado en los resultados por un mayor contenido de PC (20% superior), y un menor contenido de FDA (10% inferior), lo que podría permitir una mayor digestibilidad de la fibra consumida (Da Cunha, 2021), abriendo la posibilidad de obtener mayores tasas de pasaje y por lo tanto el consumo total y de nutrientes digeribles totales por kg MS es mayor en comparación con el manejo MP, además estas características químicas de la pastura mejorarían la eficiencias de conversión animal. Esto es de acuerdo a Benvenuti et al. (2016), quienes mencionaron que el pastoreo selectivo en el estrato superior de la pradera conduce a una mayor ingesta de nutrientes digeribles totales y a una mayor eficiencia de conversión, demostrando además que hubo una relación significativa entre la digestibilidad de la dieta y la altura residual del forraje.

Por lo tanto, ejercer un control sobre la estructura de la pastura mediante el pastoreo, no solo altera el consumo animal, sino que también hay una influencia importante sobre el valor nutritivo del forraje consumido (Hodgson, 1990), ingerir solo hojas cortas (MA) repercute en una dieta con mayor PC y menor FDA. Esto concuerda con Lemaire y Belanger (2019), que mencionan un menor contenido de PC a medida que la altura de la pastura aumenta, además de que incrementa la proporción de tallos y material senescente respecto a la proporción de hojas (Wims, 2010), siendo esta situación la observada en el manejo MP.

En el ensayo se observó que el manejo MA registró 5 ciclos de pastoreos con una duración de 16 días cada uno, mientras que el manejo MP tuvo 2 ciclos con una duración de 38 días promedio cada uno, demostrando que pastoreos intensos y poco frecuentes (como MP), están sentenciados a largos períodos de descanso antes de recuperar el volumen de forraje de partida, mientras que pastoreos frecuentes y poco intensos (como MA), permiten una recuperación significativamente más rápida. Bajo esta situación, se espera que el manejo MA pueda lograr una mayor tasa de crecimiento de forraje, debido a que la defoliación del 39% de la altura inicial de pastoreo, generó un remanente importante con gran cantidad de hojas fotosintéticamente activas, en cambio, en el manejo MP la remoción del 65% de la altura inicial, impone un remanente escaso en hoja y puntos de crecimiento, siendo esto desfavorable para un buen rebrote, y conduciendo a que el crecimiento inicial fuese lento provocando un periodo de descanso prolongado antes de recuperar la masa de forraje (Schons et al., 2021). Martins et al. (2020), Schons et al. (2021) comprobaron que defoliaciones intensas (como las observadas en MP), reducen la cantidad de hojas de manera importante, lo que conduciría a tasas iniciales de crecimiento bajas, condicionando que, la acumulación de forraje se vea demorada. Además, bajo condiciones inadecuadas (estrés hídrico y/o déficit nutricional), es muy probable que las respuestas al crecimiento empeoren aún más, e incluso si se prolongan alguna de estas condiciones se puede llegar a comprometer la persistencia ya que se exigen las reservas radiculares para inducir el rebrote (Fulkerson y Slack 1994, Donaghy y Fulkerson 1998, Saldanha et al. 2010, Jauregui et al. 2016). Otra de las consideraciones del rebrote en este manejo, se da durante la última fase de crecimiento previo a alcanzar las 3 hojas por macollo, durante esta etapa la pastura transita nuevamente por un periodo de baja tasa de crecimiento, debido a que el canopeo de la planta impide la llegada de luz al estrato inferior, perjudicando la fotosíntesis y dejando una gran proporción de material muerto. Por lo tanto, para que la pastura se encuentre en constante vigor de crecimiento resulta imprescindible que el canopeo sea suficiente y con buena actividad fotosintética para interceptar y utilizar luz, permitiendo la síntesis de carbohidratos, y así lograr que en un período acotado de tiempo se pueda recomponer la masa de forraje extraída por los animales (Schons et al., 2021).

En resumen, ofrecer una estructura ideal para que los animales puedan maximizar la ingestión de forraje por unidad de tiempo resulta en mayor consumo diario de forraje, dieta de mayor valor nutritivo, y consecuentemente mayor producción de leche por vaca. En esa situación, los animales consumen predominantemente la parte superior del pasto, las hojas, que presentan mayor valor nutritivo, dejando hojas (vainas) para que la pastura siga creciendo adecuadamente. O sea, manejar el pasto basado en las respuestas comportamentales de los animales (tasa de consumo) es bueno tanto para el animal como para la planta, logrando unificar los procesos de producción primaria y secundaria.

5.2 CALIDAD DE LA LECHE

Los resultados obtenidos sugieren que no hay evidencia que demuestre efecto significativo del uso del concentrado, manejar de forma diferente el pastoreo o la interacción entre estos, sobre el contenido de grasa, proteína y lactosa. El alto valor nutritivo de la pastura en ambos manejos probablemente fue la responsable en explicar que promedialmente los resultados en calidad de leche fueran buenos para todos los tratamientos, además esta condición de la pastura repercute sobre la falta de respuesta de los concentrados. Se concordó con algunos de los antecedentes consultados, los cuales demostraron que no hay respuesta positiva sobre la composición de la leche por utilizar alturas de post-pastoreo diferentes (Pulido y Leaver 2001, Menegazzi 2020) y utilizar o no concentrado bajo distintas formas de pastoreo (Muñoz et al., 2015). Las razones por el cual el contenido de grasa en leche no varío entre diferentes manejos de pastoreo pudo haber sido porque la FDN de la pastura entre ambos manejos de pastoreo fue estadísticamente igual. En relación a los concentrados, si bien algunos autores mencionaron que el contenido de grasa en la leche generalmente baja al incluir progresivamente concentrados energéticos (Bargo et al. 2003, Delaby et al. 2003, Sairanen et al. 2006), los resultados se oponen a esta afirmación debido a que las cantidades suministradas de concentrados fueron bajas, como lo demostraron Sayers et al. (2003), donde el pH ruminal fue recién alterado a partir de los 5 kg de concentrados a base de cereales, mientras que en el ensayo las cantidades fueron de 3,8 kg de MS, teniendo este parámetro fuerte incidencia sobre el valor final de la grasa; además y como otra de las explicaciones, Reis y Combs (2000) mencionaron que fraccionar el concentrado, ayuda a que la reducción del pH ruminal no se produzca, por lo tanto la dosificación en dos raciones diarias en el ensayo pudo contribuir a que el pH ruminal se mantuviese en niveles normales, explicando además que las vacas bajo pastoreo tienen alta capacidad amortiguadora de pH. Cabe destacar que la gran mayoría de ensayos que notifican reducciones en el pH, utilizan altas cantidades de concentrados (10 kg) y del tipo energético (cereales).

En lo que respecta a la proteína en leche, el buen valor nutritivo de la pastura para ambos manejos de pastoreo fue el responsable en explicar los buenos y similares resultados obtenidos. Beever et al. (2001), Bargo et al. (2003) indicaron que el efecto de la suplementación energética provoca una reducción en la concentración de $N-NH_3^+$ ruminal, lo que conlleva al incremento de la eficiencia en la síntesis de la proteína microbiana en el rumen (Wattiaux y Armentano, 2015), nuevamente la baja asignación de concentrados pudo estar explicando la falta de respuesta de los concentrados sobre la proteína en leche más allá de su efecto metabólico a nivel ruminal.

En cuanto a la producción de sólidos (kg/vaca/d), MA produjo mayor cantidad de proteína y grasa de manera significativa, en comparación con MP. Pese a no haber diferencias en la composición de la leche, la superioridad en producción de leche en MA, se tradujo también en una mayor producción de sólidos.

6. CONCLUSIONES

Bajo los objetivos propuestos en este estudio, se puede concluir que vacas lecheras Holando pastando dactylis durante la primavera, logran aumentar su producción cuando se le ofrecen estructuras ideales de pastoreo, potenciando su consumo de forraje, y mejorando el valor nutritivo de la pastura consumida, lo que aumenta el consumo de nutrientes totales, que contribuirían a explicar los resultados de producción de leche. El agregado de 3,8 kg de concentrado en la dieta no genera cambios significativos que expliquen mayor producción, por lo tanto y bajo estas circunstancias es de suma importancia enfocarse en lograr manejar bien el pastoreo, para conseguir la máxima cosecha de forraje por animal, y no alta cosecha de la pastura. En lo que respecta a calidad de la leche no se mostró respuesta independientemente de la estrategia de alimentación. No obstante, el manejo que permite mayores volúmenes de producción generó una mayor cantidad de sólidos por animal.

De esta manera, se puede sostener la idea que, durante la primavera uruguaya y para condiciones similares a las del presente estudio, no es necesario incluir concentrados en la dieta de vacas lecheras, con el objetivo de obtener mayor producción de leche. En cambio, manejar de forma correcta las pasturas, puede llevar a que los resultados productivos mejoren, siempre y cuando la base forrajera del predio lo permita.

7. RESUMEN

El presente ensayo se llevó a cabo en la unidad de lechería de INIA "La Estanzuela" en la primavera del 2020. Tuvo como objetivo estudiar el efecto del manejo del pastoreo y la asignación de concentrado sobre la producción de leche de vacas Holando en primavera. Se utilizaron 24 vacas durante 80 días que fueron asignadas de a pares a cada potrero (unidad experimental) donde pastorearon en forma rotativa sobre *Dactylis glomerata*. Los manejos fueron MA, orientado a lograr la máxima cosecha de forraje por animal y MP orientado a obtener la mayor cosecha instantánea de forraje, siendo ambos combinados a dos niveles de suplementación 4 kg MS de concentrado (S4) o sin concentrado (S0). El diseño utilizado fue un DBCA con arreglo factorial 2×2 , dividido en 3 bloques por edad de la pastura y características de los animales (paridad, peso vivo, días en leche, producción de leche previa). Las variables de respuesta se analizaron con PROC GLIMMIX del SAS y los valores medios se declararon diferentes cuando p- valor fue $<0,05$ para el test de Tukey. Hubo efecto aislado del manejo de pastoreo sobre la producción de leche, no encontrándose efecto de la asignación de concentrado o la interacción de este con el método de pastoreo. La producción de leche fue un 22 % superior en el manejo MA respecto MP siendo esta diferencia significativa. La composición química de la leche no tuvo diferencias significativas entre los manejos para ninguna de sus variables. El consumo de forraje fue de 1,85 kg MS/vaca/d mayor para los manejos MA siendo la diferencia significativa a los manejos MP. Los manejos MA mejoran las condiciones de rebrote de la pastura, visto como un período de descanso menor respecto a los manejos MP (16 vs. 38 días). En cuanto a la composición química de la pastura, el manejo de pastoreo género diferencias significativas sobre la PC y la FDA, pero no sobre la FDN. El manejo MA fue un 20 % superior en PC y 10 % inferior en FDA que el manejo MP. La explicación de que el manejo MA haya producido más que el MP se debe a un mayor consumo y mayor valor nutritivo de lo consumido. La estructura de pastoreo del MA probablemente mejoro las condiciones del comportamiento ingestivo, lo que repercutió en obtener un mayor consumo respecto al MP. Por otra parte, el valor nutritivo de lo consumido por el manejo MA conlleva a que el consumo de nutrientes totales se viera aumentado. En cuanto a la falta de respuesta a los concentrados sobre la composición de la leche, esta puede deberse a que se utilizaron cantidades moderadas, y fraccionadas en dos raciones diarias, esperándose que no haya efecto sobre el pH ruminal. Respecto a la producción de sólidos, el manejo MA produjo una mayor cantidad de grasa, proteína y lactosa de manera significativa, en comparación con los manejos MP. Pese a no haber diferencias en la composición de la leche, la superioridad en producción de leche en el manejo MA, se tradujo en una mayor producción de sólidos totales. Los resultados indican que durante la primavera es posible incrementar la producción de leche solamente a base de un correcto manejo del pastoreo, sin ser necesario utilizar concentrados.

Palabras clave: Holando; Primavera; Manejo del pastoreo; Consumo; Concentrados; Valor nutritivo; Comportamiento ingestivo.

8. SUMMARY

This trial was carried out in the "La Estanzuela" dairy unit of INIA (National Institute for Agricultural Research) in the spring of 2020. It aimed to study the effect of grazing management and concentrate supplementation on Holstein cows' milk production in spring. Twenty-four cows were studied for eighty days: they were assigned in pairs to each paddock (experimental unit) where they grazed in a rotational manner on *Dactylis glomerata*. The two management methods were as follows Animal Management (AM), aiming to achieve the maximum forage harvest per animal; and Plant Management (PM), aiming to achieve the greatest instant forage harvest. In both cases there was concentrate supplementation of 4 kg dry matter (S4) or no concentrate (S0). An experimental, random group design randomized complete block was used: a 2x2 factorial design divided into three groups depending on the age of the pasture and the characteristics of the animals (parity, live weight, days in milk, previous milk production). The response data were analyzed using the PROC GLIMMIX (SAS) procedure and the mean values were different when p-value was <0,05 for the Tukey test. Grazing management had effects over milk production, but neither the supplementation of concentrate nor its interaction with the grazing method had any effects. On average, AM produced 22% more milk than PM, which is a significant difference. The chemical composition of milk did not have significant differences between the management methods for any of its variables. Forage consumption was 1,85 kg DM/cow/d higher for AM, the difference being statistically significant when compared to PM. AM improved the regrowth conditions of the pasture, with a shorter rest period compared to PM (16 vs. 38 days). Regarding the chemical composition of the pasture, grazing management caused significant differences in raw protein and ADF, but not on NDF. AM was 20% higher in raw protein and 10% lower in ADF than PM. AM produced more than PM because of higher consumption and higher nutritional value of what was consumed. The grazing structure of the AM probably improved the conditions of the ingestive behavior, which had repercussions in obtaining a higher consumption compared to the PM. Besides, the nutritional value of what was consumed in AM led to an increase in total nutrients consumption. Regarding the lack of effect of concentrates on milk production, this may be due to the fact that moderate amounts were used, and they were divided in two daily rations, expecting no effect on ruminal pH. Regarding solids production, AM produced a significantly higher amount of fat, protein and lactose, compared to PM. Despite the lack of differences in composition of the milk, the superiority in milk production in AM resulted in higher production of total solids. The results indicate that during spring it is possible to increase milk production only based on correct grazing management, without having to use concentrates.

Keywords: Holstein; Spring; Grazing management; Consumption; Concentrates; Nutritional value; Ingestive behavior.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Allen, V. G.; Batello, C.; Berretta, E. J.; Hodgson, J.; Kothmann, M.; Li, X.; Sanderson, M. 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and Forage Science*. 66(1):2-28.
2. Bargo, F.; Muller, L. D.; Delahoy, J. E.; Cassidy, T. W. 2002. Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *Journal of Dairy Science*. 85(11):2948-2963.
3. _____.; _____.; Kolver, E. S.; Delahoy, J. E. 2003. Invited review: production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *Journal of Dairy Science*. 86:1-42.
4. Barthram, G. T. 1986. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: Alcock, M. M. ed. *The Hill Farming Research Organisation Biennial Report 1984-1985*. Edinburgh, HFRO. pp. 29-30.
5. Baudracco, J.; Lopez, N.; Holmes, C. W.; Mc Donald, K. A. 2010. Effects of stocking rate, supplementation, genotype and their interactions on grazing dairy systems: a review. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 53(2):109-133.
6. Beever, D. E.; Sutton, J. D.; Reynolds, C. K. 2001. Increasing the protein content of cow's milk. *Australian Journal of Dairy Technology*. 56(2):138-149.
7. Benvenuti, M. A.; Pavetti, D. R.; Poppi, D. P.; Gordon, I. J.; Cangiano, C. A. 2016. Defoliation patterns and their implications for the management of vegetative tropical pastures to control intake and diet quality by cattle. *Grass and Forage Science*. 71(3):424-436.
8. Brougham, R. W. 1956. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. *Australian Journal of Agricultural Research*. 7 (5):377- 387.
9. Carámbula, M. 2007. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 1,186 p.
10. Carriquiry, M. 2020. Digestibilidad. In: *Curso de Nutrición Animal (2020, Montevideo)*. Digestibilidad. Montevideo, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 24 diapositivas.

11. Carvalho, P. C. 2013. Harry Stobbs Memorial Lecture: can grazing behavior support innovations in grassland management. (en línea). *Tropical Grasslands*. 1(2):137-155. Consultado 22 jun. 2021. Disponible en [https://doi.org/10.17138/tgft\(1\)137-155](https://doi.org/10.17138/tgft(1)137-155).
12. _____.; Bremm, C.; Bonnet, O. J.; Savian, J. V.; Schons, R. M.; Szymczak, L. S.; Laca, E. A. 2016. Como a estrutura do pasto influencia o animal em pastejo? Exemplificando as interações planta-animal sob as bases e fundamentos do Pastoreio “Rotatínuo”. *In*: Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem (8th, 2016, Porto Alegre, RS). Trabalhos apresentados. Porto Alegre, Suprema. pp. 1-21.
13. _____.; _____.; Savian, J. V.; Zubieta, A. S.; Szymczak, L. S.; Marin, A.; Neto, G. F. S.; Schons, R. M. T.; Moraes, A.; Dos Santos, D. T.; Bindelle, J. 2017. Como otimizar a ingestão de forragem por vacas leiteiras em pastejo? *In*: Simpósio Mineiro de Nutrição de Gado de Leite (8th, 2017, Porto Alegre, RS). Trabalhos apresentados. Porto Alegre, FEPMVZ. pp. 96-110.
14. Cazcarra, R. F.; Petit, M.; D'hour, P. 1995. The effect of sward height on grazing behaviour and herbage intake of three sizes of Charolais cattle grazing cocksfoot (*Dactylis glomerata*) swards. *Animal Science*. 61(3):511-518.
15. Chilibroste, P. 1998. Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero en pastoreo: predicción del consumo. *In*: Jornadas de Buiatría (26^{as}, 1998, Paysandú). Memorias. Paysandú, CMVP. pp. 1-7.
16. _____.; Bruni, M.; Favre, E.; Mattiauda, D. A.; Soca, P. 2008. Tecnología para la producción de leche en los últimos 15 años: aportes desde la EEMAC. *Cangüé*. no. 30:36-44.
17. Da Cunha, L. 2021. The explanatory power of forage nutrient Content And sward structure on intake, Animal performance and methane emissions by sheep and cattle in grazing ecosystems. Graduate thesis in Zootecnics. Porto Alegre, Brasil. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul Faculdade de Agronomia. 92 p.
18. Delaby, L.; Peyraud, J. L.; Delagarde, R. 2001. Effect of the level of concentrate supplementation, herbage allowance and milk yield at turn-out on the performance of dairy cows in mid lactation at grazing. *Animal Science*. 73(1):171-181.

19. _____.; _____.; Peccatte, J. R.; Foucher, N.; Michel, G. 2003. The effect of two contrasting grazing managements and level of concentrate supplementation on the performance of grazing dairy cows. (en línea). *Animal Research*. 52(5):437-460. Consultado 29 may. 2021. Disponible en <https://animres.edpsciences.org/articles/animres/pdf/2003/05/Z3502.pdf>.
20. Dixon, R. M.; Stockdale, C. R. 1999. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilization. (en línea). *Agriculture Research*. 50:757-773. Consultado 15 jun. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1071/AR98165>.
21. Donaghy, D. J.; Fulkerson, W. J. 1998. Priority for allocation of water-soluble carbohydrate reserves during regrowth of *Lolium perenne*. (en línea). *Grass and Forage Science*. 1(53):211-218. Consultado 23 jun. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.1998.00129.x>
22. Eidt, J. 2015. Metas de manejo para pastos de Tifton 85 submetidos a diferentes estratégias de utilização: impactos na estrutura do pasto, eficiência de colheita e produção de forragem. (en línea). Dissertação MSc. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. Universidade do Rio Grande do Sul. 70 p. Consultado 08 jul. 2021. Disponible en <http://hdl.handle.net/10183/140877>
23. Elgersma, A. 2015. Grazing increases the unsaturated fatty acid concentration of milk from grass fed cows: a review of the contributing factors, challenges and future perspectives. (en línea). *European Journal of Lipid Science and Technology*. 117(9):1345-1369. Consultado 22 jul. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1002/ejlt.201400469>
24. Fonseca, L.; Mezzalira, J. C.; Bremm, C.; Filho, R. S. A.; Gonda, H. L.; Carvalho, P. C. 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.
25. _____.; Carvalho, P. D. F.; Mezzalira, J. C.; Bremm, C.; Galli, J. R.; Gregorini, P. 2013. Effect of sward surface height and level of herbage depletion on bite features of cattle grazing *Sorghum bicolor* swards. (en línea). *Journal of Animal Science*. 91(9):4357-4365. Consultado 2 dic. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5602>.

26. Fulkerson, W. J.; Slack, K. 1994. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*, 1. Effect of water soluble carbohydrates and senescence. *Grass and Forage Science*. 49(4):373-377.
27. _____.;_____. 1995. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*; 2. Effect of defoliation frequency and height. *Grass and Forage Science*. 50(1):16-20.
28. Garcia, S. C.; Fulkerson, W. J. 2005. Opportunities for future Australian dairy systems: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 45(9):1041-1055.
29. 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.
30. Gregorini, P. 2011. Diurnal grazing pattern: its physiological basis and strategic management. (en línea). *Animal Production Science*. 52(7):416-430. Consultado 14 jun. 2021. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1071/AN11250>.
31. _____.; DelaRue, B.; McLeod, K.; Clark, C. E. F.; Glassey, C. B.; Jago, J. 2012. Rumination behavior of grazing dairy cows in response to restricted time at pasture. *Livestock Science*. 146(1):95-98.
32. Hodgson, J. 1982. Influence of sward characteristics on diet selection and herbage intake by the grazing animal. *In*: International Symposium on Nutritional Limits to Animal Production from Pastures (1981, St. Lucia, Queensland, Australia). Proceedings. Slough, CAB. pp. 153-166. (no tiene)
33. _____. 1985. The control of herbage intake in the grazing ruminant. (en línea). *Proceedings of the Nutrition Society*. 44(2):339-346. Consultado 7 may. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1079/PNS19850054>
34. _____. 1990. *Grazing management: science into practice*. London, Longman. 203 p.
35. Holmes, C. W.; Wilson, G. F.; Mackenzie, D. D. S.; Flux, D. S.; Brookes, I. M.; Davey, A. W. F. 1987. *Milk production from pasture*. Wellington, New Zealand, Butterworths. 319 p.

36. INALE (Instituto Nacional de la Leche, UY). s. f. Uruguay lechero. (en línea). Montevideo, s. p. Consultado 3 may. 2021. Disponible en <https://www.inale.org/uruguay-lechero/>
37. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Programa de Investigación en Pasturas y Forrajes, UY). 2019. Cuatro pasos para asegurar la persistencia productiva de festuca y dactylis: ¿por qué apuntar a lograr pasturas persistentes? (en línea). Revista INIA. no. 58:9-12. Consultado 13 sept. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/Revista-INIA-58-Setiembre-2019.pdf>
38. Jauregui, J. M.; Michelini, D. F.; Agnusdei, M. G.; Baudracco, J.; Sevilla, G. H.; Chilibroste, P.; Lattanzi, F. A. 2016. Persistence of tall fescue in a subtropical environment: tiller survival over summer in response to flowering control and nitrogen supply. *Grass and Forage Science*. 72(3):454-466.
39. Johnson, A. D. 1978. Sample preparation and chemical analysis of vegetation. (en línea). In: Manejte, L. T. ed. *Measurement of grassland vegetation and animal production*. Aberystwyth, UK, CAB. pp. 96-102. Consultado 19 ago. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1111/gfs.12252>
40. Kennedy, J.; Dillon, P.; Delaby, L.; Faverdin, P.; Stakelum, G.; Rath, M. 2003. Effect of genetic merit and concentrate supplementation on grass intake and milk production with Holstein Friesian dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 86(2):610-621.
41. Kolver, E. S.; Roche, J. R.; De Veth, M. J.; Thorne, P. L.; Napper, A. R. 2002. Total mixed rations versus pasture diets: evidence for a genotype x diet interaction in dairy cow performance. *Proceedings of the New Zealand Society Animal Production*. 62:246-251.
42. Laca, E. A.; Ungar, E. D.; Demment, M. W. 1994. Mechanisms of handling time and intake rate of a large mammalian grazer. (en línea). *Applied Animal Behaviour Science*. 39(1):3-19. Consultado 14 oct. 2021. Disponible en [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(94\)90011-6](https://doi.org/10.1016/0168-1591(94)90011-6).
43. Leaver, J. D. 1985. Milk production from grazed temperate grassland. *Journal Dairy Research*. 52:313-344.
44. Lemaire, G.; Belanger, G. 2020. Allometries in plants as drivers of forage nutritive value: a review. (en línea). *Agriculture*. 10(1):1-17. Consultado 22 oct. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.3390/agriculture10010005>

45. McEvoy, M.; Kennedy, E.; Murphy, J. P.; Boland, T. M.; Delaby, L.; O'donovan, M. 2008. The effect of herbage allowance and concentrate supplementation on milk production performance and dry matter intake of spring-calving dairy cows in early lactation. *Journal of Dairy Science*. 91(3):1258-1269.
46. McGilloway, D. A.; Mayne, C. S. 1996. The importance of grass availability for the high genetic merit dairy cow. In: Garnsworthy, P. C.; Wiseman, J.; Haresign, W. eds. *Recent Advances in Animal Nutrition*. Nottingham, Nottingham University. pp. 135-169.
47. Martins, C. D. M.; Schmitt, D.; Duchini, P. G.; Miqueloto, T.; Sbrissia, A. F. 2020. Defoliation intensity and leaf area index recovery in defoliated swards: implications for forage accumulation. (en línea). *Scientia Agricola*. 78(2):1-8. Consultado 13 abr. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2019-0095>.
48. Mazzanti, A.; Lemaire, G.; Gastel, F. 1994. The effect of nitrogen fertilization upon herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. *Herbage growth dynamics. Grass and Forage Science*. 49(2):111-120.
49. Meijs, J. A. C.; Hoekstra, J. A. 1984. Concentrate supplementation of grazing dairy cows: 1. Effect of concentrate intake and herbage allowance on herbage intake. *Grass and Forage Science*. 39(1):59-66.
50. Méndez, M. N.; Chilibróste, P.; Aguerre, M. 2020. Pasture dry matter intake per cow in intensive dairy production systems: effects of grazing and feeding management. *Animal*. 14(4):846-853.
51. Menegazzi, G. 2020. Efecto de la altura postpastoreo en el comportamiento ingestivo, consumo de materia seca y producción de leche de vacas Holando. (en línea). Tesis de Maestría. Montevideo, Uruguay. Universidad de la Republica. Facultad de Agronomía. 50 p. Consultado 11 sept. 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12008/30008>.
52. Mezzalira, J. C.; 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.

53. _____.; Bonnet, O. J.; Carvalho, P. C.; Fonseca, L.; Bremm, C.; Mezzalira, C. C.; Laca, E. A. 2017. Mechanisms and implications of a type IV functional response for short term intake rate of dry matter in large mammalian herbivores. *Journal of Animal Ecology*. 86(5):1159-1168.
54. Morrison, S. J.; Patterson, D. C. 2007. The effects of offering a range of forage and concentrate supplements on milk production and dry matter intake of grazing dairy cows. *Grass and Forage Science*. 62(3):332-345.
55. Muñoz, C.; Hube, S.; Morales, J. M.; Yan, T.; Ungerfeld, E. M. 2015. Effects of concentrate supplementation on enteric methane emissions and milk production of grazing dairy cows. *Livestock Science*. 175:37-46.
56. 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.
57. Parsons, A. J.; Penning, P. D. 1988. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. *Grass and Forage Science*. 43(1):15-27.
58. Pérez-Prieto, L. A.; Delagarde, R. 2013. Meta-analysis of the effect of pasture allowance on pasture intake, milk production, and grazing behavior of dairy cows grazing temperate grasslands. *Journal of Dairy Science*. 96(10):6671-6689.
59. Peyraud, J. L.; Comeron, E. A.; Wade, M. H.; Lemaire, G. 1996. The effect of daily herbage allowance, herbage mass and animal factors upon herbage intake by grazing dairy cows. *Annales de Zootechnie*. 45(3):201-217.
60. 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.
61. Reis, R. B.; Combs, D. K. 2000. Effects of increasing levels of grain supplementation on rumen environment and lactation performance of dairy cows grazing grass-legume pasture. *Journal of Dairy Science*. 83(12):2888-2898.
62. Ribeiro Filho, H. M. N.; Delagarde, R.; Peyraud, J. L. 2005. Herbage intake and milk yield of dairy cows grazing perennial ryegrass swards or white clover/perennial ryegrass swards at low-and medium-herbage allowances. *Animal Feed Science and Technology*. 119(1-2):13-27.

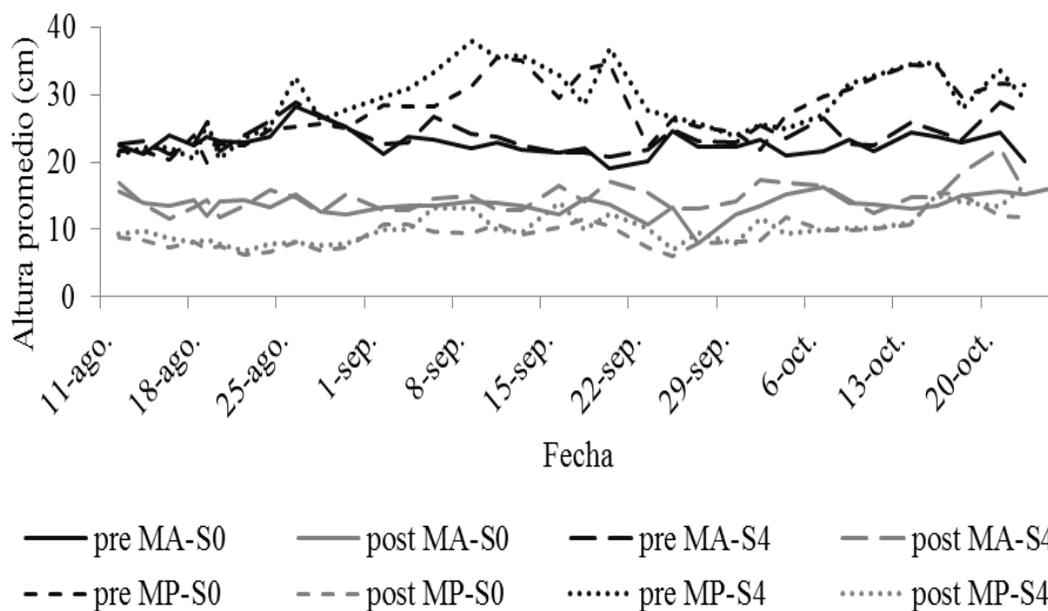
63. Riquelme, C.; Pulido, R. G. 2008. Efecto del nivel de suplementación con concentrado sobre el consumo voluntario y comportamiento ingestivo en vacas lecheras a pastoreo primaveral. (en línea). Archivos de Medicina Veterinaria. 40(3):243-249. Consultado 14 may. 2021. Disponible en <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2008000300004>.
64. Roche, J.; Horan, B. 2015. Resilient farming systems surviving volatility. (en línea). In: Smaller Herds Conference (4th., 2015, Whangarei, NZ). Proceedings. The Journal. 19 (4):1-8. Consultado 10 may. 2021. Disponible en https://www.nzipim.co.nz/Folder?Action=View%20File&Folder_id=120&File=Journal%20December%202015.pdf.
65. Sairanen, A.; Khalili, H.; Virkajärvi, P. 2006. Concentrate supplementation responses of the pasture-fed dairy cow. Livestock Science. 104(3):292-302.
66. Salah, N.; Sauvant, D.; Archimède, H. 2015. Response of growing ruminants to diet in warm climates: a meta-analysis. Animal. 9(5):822-830.
67. Saldanha, S.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M. 2010. Intensidad del pastoreo sobre la estructura de una pastura de *Lolium perenne* cv Horizon. (en línea). Agrociencia. 14(1):44-54. Consultado 28 abr. 2021. Disponible en <http://www.scielo.edu.uy/pdf/agro/v14n1/v14n1a07.pdf>.
68. Savian, J. V.; Schons, R. M. T.; Mezzalira, J. C.; Neto, A. B.; Neto, G. D. S.; Benvenuti, M. A.; Carvalho, P. D. F. 2020. A comparison of two rotational stocking strategies on the foraging behaviour and herbage intake by grazing sheep. Animal. 14(12):2503-2510.
69. Sayers, H. J.; Mayne, C. S.; Bartram, C. G. 2003. The effect of level and type of supplement offered to grazing dairy cows on herbage intake, animal performance and rumen fermentation characteristics. (en línea). Animal Science. 76(3):439-454. Consultado 13 ago. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1017/S1357729800058653>.
70. Schons, R. M. T. 2015. Critérios para manejo de pastagens fundamentado no comportamento ingestivo dos animais: um exemplo com pastoreio rotativo conduzido sob metas de manejo contrastantes. Dissertação MSc. Porto Alegre, Brasil. Universidade do Rio Grande do Sul. 8 p.

71. _____.; Laca, E. A.; Savian, J. V.; Mezzalira, J. C.; Schneider, E. A. N.; Caetano, L. A. M.; Carvalho, P. D. F. 2021. Rotatinuous' stocking: an innovation in grazing management to foster both herbage and animal production. *Livestock Science*. 245:104-406.
72. Silva, S. C. D.; Nascimento Júnior, D. D. 2007. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36:122-138.
73. Sollenberger, L. E.; Vanzant, E. S. 2011. Interrelationships among forage nutritive value and quantity and individual animal performance. *Crop Science*. 51(2):420-432.
74. Stockdale, C. R. 1999. The nutritive characteristics of herbage consumed by grazing dairy cows affect milk yield responses obtained from concentrate supplementation. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 39(4):379-387.
75. _____. 2000. Levels of pasture substitution when concentrates are fed to grazing dairy cows in northern Victoria. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 40 (7):913-921.
76. Sutton, J. D. 1989. Altering milk composition by feeding. *Journal of Dairy Science*. 72(10):2801-2814.
77. 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.
78. Utsumi, S. A.; Cangiano, C. A.; Galli, J. R. 2009. Heterogeneidad de recursos y comportamiento de alimentación del ganado a través de escalas espaciales. (en línea). *BMC Ecology*. 9(9):1-10. Consultado 16 jul. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1186/1472-6785-9-9>
79. Van Vuuren, A. M.; Van der Koelen, C. J.; Vroons-de Bruin, J. 1986. Influence of level and composition of concentrate supplements on rumen fermentation patterns of grazing dairy cows. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. 34(4):457-467.
80. Verdon, M.; Rawnsley, R.; Raedts, P.; Freeman, M. 2018. The behaviour and productivity of mid-lactation dairy cows provided daily pasture allowance over 2 or 7 intensively grazed strips. *Animals*. 8(7):115.

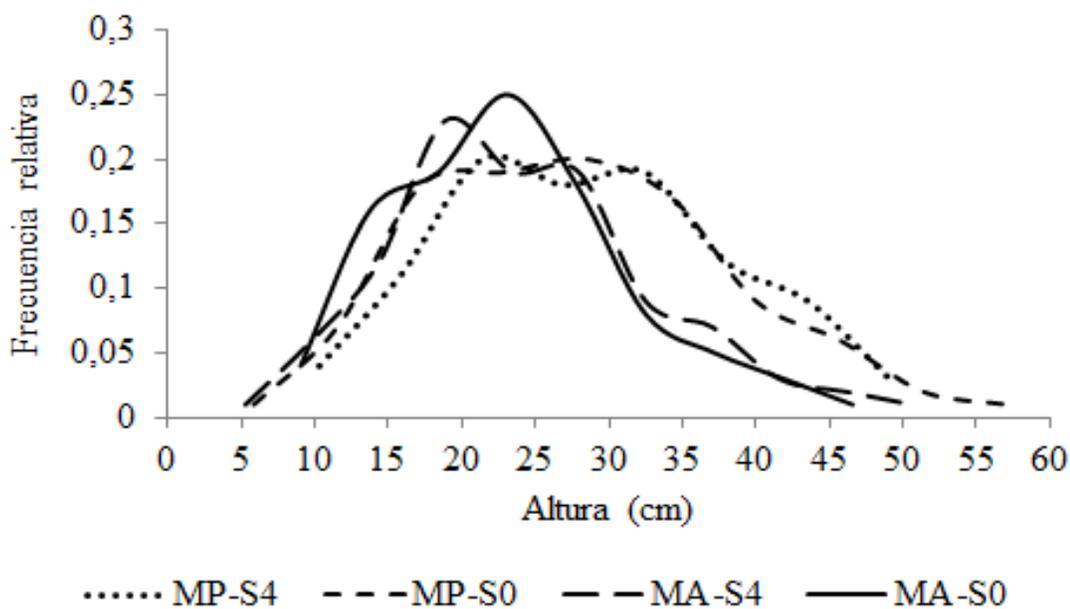
81. Wattiaux, M.; Armentano, L. E. 2015. Metabolismo de carbohidratos en vacas lecheras. Esenciales lecheras: reproducción y selección genética. (en línea). Madison, Instituto Babcock. 4 p. Consultado 29 may. 2021. Disponible en <https://ganaderiasos.files.wordpress.com/2015/03/metabolismo-decarbohidratos-en-vacas-lecheras.pdf>
82. _____. 2018. Metabolismo de proteínas en vacas lecheras. Esenciales lecheras: reproducción y selección genética (en línea). Madison, Instituto Babcock. 4 p. Consultado 15 may. 2020. Disponible en <https://lebascom.files.wordpress.com/2018/02/5-metabolismo-deproteinas-en-las-vacas-lecheras.pdf>
83. Wims, C. M.; Deighton, M. H.; Lewis, E.; O'loughlin, B.; Delaby, L.; Boland, T. M.; O'donovan, M. 2010. Effect of pregrazing herbage mass on methane production, dry matter intake, and milk production of grazing dairy cows during the mid-season period. *Journal of Dairy Science*. 93(10):4976-4985.

10. ANEXOS

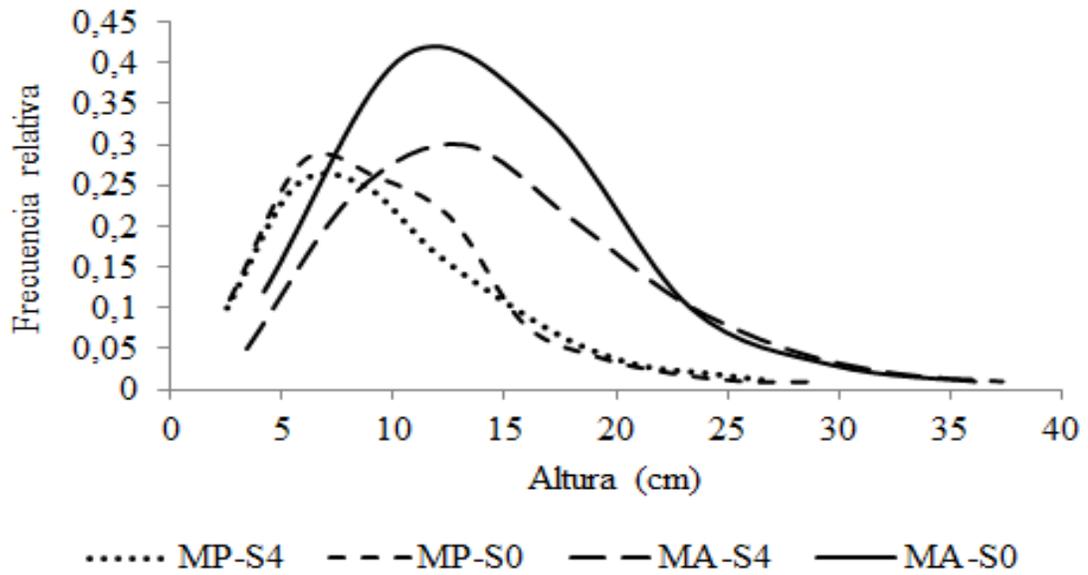
Anexo No. 1. Altura promedio según tratamiento a lo largo del ensayo



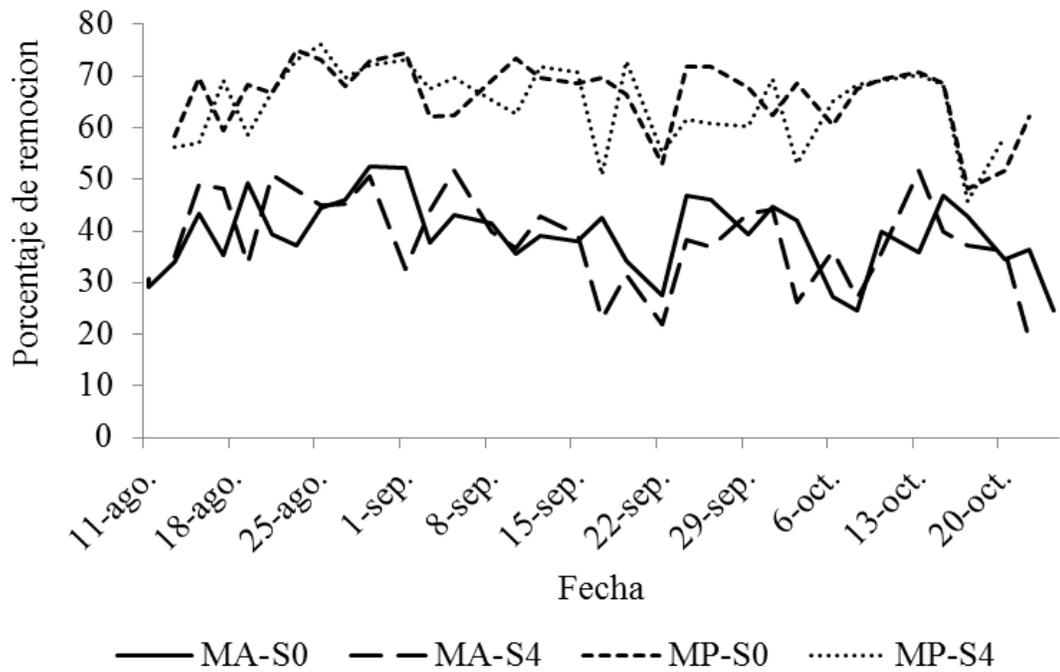
Anexo No. 2. Frecuencias relativas de las alturas pre-pastoreo



Anexo No. 3. Frecuencias relativas de las alturas post-pastoreo



Anexo No. 4. Porcentaje de remoción según tratamiento



Anexo No. 5. Composición química del forraje según tratamiento y hora del día

		Tratamientos			
Composición química (%)	Momento del día	MA-S0	MA-S4	MP-S0	MP-S4
PC	A.M.	29,42	29,75	22,56	23,27
	P.M.	30,88	29,88	27,08	27,71
FDA	A.M.	23,70	23,62	27,23	28,11
	P.M.	22,88	23,62	24,80	24,08
FDN	A.M.	59,42	59,01	59,59	59,08
	P.M.	59,65	59,38	58,90	58,34

Anexo No. 6. Producción promedio según tratamiento a lo largo del ensayo

