

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**ESTIMACIÓN DE CONSUMO DE FORRAJE MEDIANTE MÉTODOS
INDIRECTOS PARA SITUACIONES DE ALTURA RESIDUAL
CONTRASTANTES**

por

Nicolás CROS MÉNDEZ

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2023

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

Ing. Agr. MSc. Gastón Ortega

Tribunal:

Ing. Agr. MSc. Gastón Ortega

Ing. Agr. Juan Garrido

Ing. Agr. Lucia Gil

Fecha:

14 de noviembre de 2023

Estudiante:

Nicolás Cros Méndez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia y amigos por el apoyo incondicional a lo largo de la carrera, y a todo aquel que en el transcurso de este camino aportó su granito de arena para que pudiera seguir adelante.

Agradecer especialmente a Gastón Ortega por la paciencia y la ayuda brindada, y a Ricardo Mello, quienes hicieron posible que esta tesis saliera adelante, y también a Juan Garrido y a Diego Custodio quienes brindaron una valiosa ayuda con el aporte de datos y para la realización del trabajo de campo. También el especial agradecimiento a mi amigo Felipe Cristaldo, el cual no ha podido continuar con la realización de este trabajo, pero estuvo lado a lado o en la ejecución del mismo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página No.
PÁGINA DE APROBACIÓN	2
AGRADECIMIENTOS	3
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS	7
RESUMEN	9
SUMMARY	11
1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. HIPÓTESIS	14
1.2. OBJETIVOS	14
1.2.1. Objetivo General.....	14
1.2.2. Objetivos Específicos	15
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	16
2.1. SITUACIÓN MUNDIAL DE LA LECHERÍA.....	16
2.2. LECHERÍA EN EL URUGUAY	16
2.2.1. Generalidades	16
2.2.2. Alimentación	17
2.3. MANEJO DEL PASTOREO.....	19
2.3.1. Referencias sobre manejos del forraje residual	23
2.4. MÉTODOS DE ESTIMACIÓN.....	25
2.4.1. Métodos basados en estimaciones sobre los animales.....	27
2.4.2. Métodos basados en estimaciones sobre las pasturas.....	28
2.5. ANTECEDENTES DE ESTIMACIÓN DEL CONSUMO Y COMPARACIÓN DE DISTINTOS MÉTODOS	33
2.5.1. Referencias y comparación de metodologías basadas en estimaciones en la pastura.....	33
2.5.2. Referencias de estimación del consumo.....	37
3. MATERIALES Y MÉTODOS	39

3.1.	LOCALIZACIÓN Y PERIODO EXPERIMENTAL.....	39
3.2.	DESCRIPCIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES.....	40
3.2.1.	Suelos.....	40
3.2.2.	Clima	40
3.3.	DISEÑO EXPERIMENTAL	41
3.4.	RECURSOS FORRAJEROS.....	42
3.5.	MANEJO DEL RODEO.....	43
3.6.	PASTOREO:.....	44
3.7.	MEDICIONES REALIZADAS.....	45
3.7.1.	Métodos de medición utilizados	45
3.7.2.	Determinación de biomasa de los potreros y stock en la plataforma de pastoreo correspondientes al experimento principal.....	46
3.7.3.	Determinaciones en la franja correspondientes al trabajo de campo de la tesis	47
3.8.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO:	47
4.	RESULTADOS.....	49
4.1.	DISPONIBILIDAD DE FORRAJE PARA CADA MANEJO	49
4.1.1.	Mediciones efectuadas mediante el pasturómetro C-Dax ...	49
4.1.2.	Mediciones efectuadas mediante el Plato Medidor	49
4.1.3.	Mediciones efectuadas mediante Doble muestreo.....	50
4.2.	COMPARACIÓN ENTRE MANEJOS.....	51
4.2.1.	Consumo directo de forraje según manejo del pastoreo.....	51
4.2.2.	Comparación del consumo directo de forraje entre manejos del pastoreo determinado con cada método de estimación.....	52
4.3.	COMPARACIÓN ENTRE MÉTODOS DE ESTIMACIÓN..	53
4.3.1.	Comparación de los métodos de estimación en cuanto a consumo directo de forraje dentro de cada manejo	53

4.3.2. Comparación entre métodos de estimación considerando ambos manejos del pastoreo	54
4.3.3. Comportamiento del consumo individual de forraje a lo largo del periodo experimental	55
4.4. PRODUCCIÓN DE LECHE Y COMPOSICIÓN.....	57
5. DISCUSIÓN	58
5.1. CONSUMO DIRECTO DE FORRAJE SEGÚN MANEJO DEL PASTOREO	58
5.1.1. Disponibilidad de biomasa según situación de forraje residual	58
5.1.2. Comparación del consumo directo de forraje según manejos del pastoreo	58
5.2. COMPORTAMIENTO DE LOS MÉTODOS EN LA ESTIMACIÓN DE CONSUMO	60
5.2.1. Comportamiento del consumo directo de forraje a lo largo del periodo de evaluación	61
5.2.2. Comportamiento general de los métodos en el periodo bajo estudio	62
5.2.3. Toma de medidas.....	64
5.2.4. Superficie de medición	64
5.2.5. Comportamiento con respecto a las condiciones del campo	65
5.2.6. Calibración.....	65
5.3. PRODUCCIÓN DE LECHE Y COMPOSICIÓN.....	66
6. CONCLUSIONES	68
7. BIBLIOGRAFÍA	69
8. ANEXOS	78

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla No.

Tabla 1 <i>Producción, consumo, manejo del pastoreo y margen promedio anual en tambos según eficiencia de cosecha</i>	19
Tabla 2 <i>Comparación practica de métodos de métodos</i>	34
Tabla 3 <i>Datos de disponible pre-post pastoreo obtenidos con el pasturómetro C-Dax</i>	49
Tabla 4 <i>Datos de disponible pre-post pastoreo obtenidos con el Plato medidor</i>	50
Tabla 5 <i>Datos de disponible pre-post pastoreo obtenidos con el Doble muestreo</i>	50
Tabla 6 <i>Medias del consumo individual de forraje (kg MS/VO/día), según métodos utilizados, dentro de cada manejo</i>	53
Tabla 7 <i>Producción diaria y composición de la leche por vaca en ordeño</i>	57

Figura No.

Figura 1 <i>Consumo medio por vaca en ordeño de pastura, reservas y concentrado según estación del año</i>	18
Figura 2 <i>Ubicación del predio</i>	39
Figura 3 <i>Precipitaciones y temperatura para el año 2019 y la media histórica para la serie 1998/2019</i>	40
Figura 4 <i>Croquis del experimento</i>	42
Figura 5 <i>Sistema de rotación</i>	43
Figura 6 <i>Rutina de los animales</i>	44
Figura 7 <i>Consumo individual promedio de los métodos de estimación, según manejos</i>	51
Figura 8 <i>Consumo de kg MS individual, para cada manejo, para cada método de estimación</i>	52

Figura 9 <i>Consumo promedio de ambos manejos, según método de estimación</i>	54
Figura 10 <i>Evolución del consumo de MS/VO/día, para el manejo A para cada método de estimación</i>	55
Figura 11 <i>Evolución del consumo de MS/VO/día, para el manejo B para cada método de estimación</i>	56

RESUMEN

Se realizó un trabajo en el Centro Regional Sur (CRS) de la Facultad de Agronomía con los objetivos de estimar el consumo directo de forraje de vacas lecheras para dos manejos contrastantes del pastoreo utilizando métodos indirectos, y comparar los métodos utilizados. El estudio se llevó a cabo durante la primavera del 2019, desde setiembre a diciembre. Se aplicaron dos intensidades de pastoreo: manejo intenso (A) de 4 cm y manejo laxo (B) de 9 cm. Para las determinaciones se utilizaron dos métodos indirectos, el C-Dax, el Plato medidor y el método de Doble muestreo. Se utilizaron 4 lotes de 24 animales de las razas Holando, Jersey y sus cruzas, paridas en otoño, agrupadas por peso, condición corporal y número de lactancias. La base forrajera estuvo compuesta por pasturas perennes conformadas por *Dactylis Glomerata* y *Trifolium Repens* y verdes de invierno compuestos por *Lolium Multiflorum* y *Avena Byzantina*. El criterio de entrada a la pastura fue cuando el *Dactylis* alcanzaba el estado de tres hojas completamente expandidas. Además del forraje, los animales fueron alimentados con reservas y concentrado. Se realizaban dos ordeñes al día (05:00 y 15:00 Hs), y el pastoreo se realizaba en franjas diarias, con doble turno de acceso a la pastura cuando la tasa de crecimiento y el stock forrajero lo permitían, de lo contrario, pastoreaban a un turno, permaneciendo encerradas luego del segundo ordeño con el suministro de reservas y agua a voluntad. Las determinaciones se realizaban tres veces por semana, estimando con cada método indirecto el forraje disponible pre y post pastoreo de la franja diaria y con esta información se calculaba el consumo directo de los animales. Además, se contó con la información de la producción de leche y sólidos de cada lote que se determinaba quincenalmente. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con arreglo factorial de tratamientos. Los animales correspondientes al manejo B tuvieron un mayor consumo directo de forraje con respecto a los animales del manejo A. El C-Dax y el Plato medidor presentaron un comportamiento similar en promedio, aunque se mantuvieron por debajo del método de Doble muestreo en gran parte del periodo experimental. La producción y composición de leche fue similar entre manejos del pastoreo. Los resultados indican que sería posible estimar el consumo directo de animales pastoreando franjas diarias con distintas situaciones de forraje residual post pastoreo utilizando métodos indirectos, debiendo tener en

cuenta las fortalezas y debilidades de cada uno, así como sus requerimientos y forma de ejecución. Estudios adicionales serían convenientes para obtener resultados más robustos y de esta manera obtener más información acerca de estas útiles herramientas para la realización de determinaciones y monitoreos en sistemas pastoriles de producción.

Palabras Clave: estimación de consumo, métodos indirectos, C-Dax, plato medidor

SUMMARY

A work was carried out at the Southern Regional Center (SRC) of the Faculty of Agronomy with the objectives of estimating the direct consumption of forage of dairy cows for two contrasting grazing management using indirect methods, and comparing the methods used. The study was carried out during the spring of 2019, from September to December. Two grazing intensities were applied: intense management (A) of 4 cm and lax management (B) of 9 cm. For the determinations, two indirect methods were used, the C-Dax, the Measuring Plate and the Double Sampling method. Four batches of 24 animals of the Holland, Jersey and their cross breeds, calved in autumn, were used, grouped by weight, body condition and number of lactations. The forage base was composed of perennial pastures made up of *Dactylis Glomerata* and *Trifolium Repens* and winter greens made up of *Lolium Multiflorum* and *Avena Byzantina*. The criterion for entering the pasture was when the *Dactylis* reached the state of three fully expanded leaves. In addition to forage, the animals were fed reserves and concentrate. Two milkings were carried out per day (05:00 and 15:00), and grazing was carried out in daily bands, with double shifts of access to pasture when the growth rate and forage stock permitted it, otherwise, They grazed in shifts, remaining enclosed after the second milking with reserves and water supplied at will. The determinations were carried out three times a week, estimating with each indirect method the forage available pre and post grazing of the daily strip and with this information the direct consumption of the animals was calculated. In addition, there was information on the milk and solids production of each batch, which was determined biweekly. A randomized complete block design with a factorial arrangement of treatments was used. The animals corresponding to management B had a greater direct consumption of forage compared to the animals from management A. The C-Dax and the Measuring Plate presented a similar behavior on average, although they remained below the Double sampling method for the most part. of the experimental period. Milk production and composition was similar between grazing managements. The results indicate that it would be possible to estimate the direct consumption of animals grazing daily strips with different post-grazing residual forage situations using indirect methods, taking into account the strengths and

weaknesses of each one, as well as their requirements and method of execution. Additional studies would be advisable to obtain more robust results and thus obtain more information about these useful tools for carrying out determinations and monitoring in pastoral production systems.

Keywords: consumption estimation, indirect methods, C-Dax, measuring plate

1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay el sector lechero tiene un claro perfil exportador, donde se destina cerca del 75% del total de su producción al mercado internacional (Observatorio de la cadena láctea [OCLA], 2021). Esto significa estar sujeto a las fluctuaciones del mercado de commodities que conducen a distintos escenarios de precios de insumos y productos.

A los efectos de minimizar el impacto del mercado externo, aspectos relacionados a la mejora de la competitividad del rubro lechero son fundamentales, en donde los sistemas más pastoriles e intensivos cumplen un rol protagónico en el contexto actual de la lechería uruguaya, ya que presentan una mayor estabilidad ante las adversidades no solo económicas, sino también a climáticas.

En los últimos años se ha dado una caída en el total de productores, y superficie total ocupada por el rubro, sin embargo, han ocurrido procesos de intensificación, que han hecho que aumente la eficiencia y productividad de los sistemas en cuanto a cantidad de litros de leche remitidos a planta (Oficina de Estadísticas Agropecuarias [DIEA], 2021).

El proceso de intensificación de los sistemas lecheros se ha dado mediante el aumento de la producción individual y de la cantidad de animales por ha, que como consecuencia ha repercutido en la utilización y calidad del forraje.

En el contexto de los sistemas de producción de leche pastoril, una tarea esencial para lograr rentabilidad es mejorar la producción y aprovechamiento del forraje. Esto se debe a que el forraje cosechado directamente por las vacas es la fuente de alimento más económica disponible para la producción de leche (Mendoza et al., 2020). Esto no solo permite tener menores costos de producción, además le brindan beneficios al sistema como la protección del suelo frente a los procesos de erosión y mejora de las propiedades físicas y químicas. Últimamente aspectos relacionados a la sustentabilidad de los recursos naturales y el bienestar animal toman cada vez más importancia en el mercado internacional, siendo en muchos casos factores excluyentes para el acceso a nuevos mercados, donde el ambiente pastoril y alimentación a cielo abierto genera mayor atracción desde el punto de vista de los consumidores.

En este escenario, el manejo de la pastura por parte de los sistemas es crucial, ya que afecta el nivel de consumo. La forma en que se utiliza el crecimiento del forraje por parte de los animales, está determinada en gran medida por el nivel de consumo exigido por los mismos. La clave del sistema está en saber conjugar el buen manejo animal con el buen manejo de la pastura, maximizando aquellas condiciones de manejo que mejor contemplen el compromiso entre calidad y cantidad de forraje producido y su relación con el consumo. Herramientas que posibiliten la obtención de datos en la pastura y en los animales de manera fácil y objetiva, generan información valiosa para la toma de decisiones.

El presente experimento se realizó con el fin de evaluar y comparar el consumo directo de forraje entre dos manejos de altura de residual contrastantes, medido a través de métodos indirectos de estimación de forraje diferentes, el pasturometro C-Dax, el Plato Medidor y el Doble muestreo.

1.1. HIPÓTESIS

Menor intensidad de pastoreo (manejo laxo), genera un aumento en el consumo directo de forraje.

No existen diferencias en los métodos de estimación de forraje.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Cuantificar el forraje consumido directamente por los animales utilizando métodos indirectos, en dos situaciones contrastantes en cuanto a remanente durante la estación de primavera.

1.2.2. Objetivos Específicos

1 - Estimar el consumo directo de forraje para dos tipos de manejo: intenso "A" (remanente de 4 cm) y laxo "B" (remanente de 9 cm).

2 - Identificar si existen diferencias en la estimación del consumo de forraje según el método empleado.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. SITUACIÓN MUNDIAL DE LA LECHERÍA

La producción mundial de leche aumento un 1,1% a unos 887 millones de toneladas en 2021, en donde la leche de vaca representa aproximadamente el 81 % del total. A pesar de la crisis de la pandemia del COVID-19, que impactó al mundo y que afectó fuertemente al mercado internacional en el año 2020, la producción mundial de leche se mantuvo en un camino de constante crecimiento, destacando así la resiliencia del sector lechero como un todo (Organización para la cooperación y el Desarrollo Económico [OECD], 2022).

Según la OECD (2022) se prevé que, para la próxima década, habrá una expansión del comercio mundial de productos lácteos y que la producción mundial de leche aumente un 1,8% anual, siendo más rápido que la mayoría de los principales productos agrícolas.

La fuerte volatilidad de los precios, debido principalmente a su pequeña participación en el comercio internacional, al predominio de unos pocos países exportadores y un entorno de políticas comerciales altamente restrictivas, hacen que aspectos relacionados a la mejora de la competitividad del sector sean claves para enfrentar estos cambios previstos para la siguiente década (OECD, 2022).

2.2. LECHERÍA EN EL URUGUAY

2.2.1. Generalidades

En Uruguay el sector lechero tiene un claro perfil exportador, donde destina cerca del 75% del total de su producción al mercado internacional (OCLA, 2021), que representa en torno al 8% de las exportaciones totales del país, y según datos de DIEA (2021) en el año 2020 estas superaron los US\$ 640.000.000, pero no toda la producción se vuelca a la exportación, sino que también se abastece el mercado interno. Uruguay es el 7° país exportador mundial de leche y se destaca

por presentar un alto consumo anual de leche, que se estima en 230 litros per cápita; más del doble del promedio mundial (Instituto Nacional de la Leche [INALE], s.f.).

El sector lechero ocupa un 5% de la superficie agropecuaria del país y representa cerca del 9 % del valor bruto de producción agropecuaria (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria [INIA], s.f.). Según datos de DIEA (2021), el sector primario se compone de 3300 productores, de los cuales el 85% remiten leche a la industria, y el 15 % restante procesan su producción en el predio, realizando por ejemplo queso artesanal.

En los últimos 5 años, se ha dado un proceso de concentración de los sistemas lecheros, con una leve caída en el número de productores, cabezas de ganado y superficie total ocupada por el rubro, pero con aumentos en la productividad y eficiencia en cuanto a litros remitidos a la industria (DIEA, 2021).

2.2.2. Alimentación

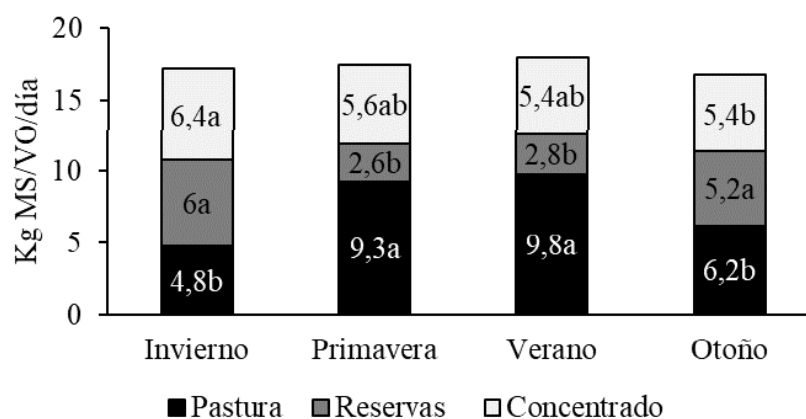
La estructura de alimentación de los sistemas de producción de leche del Uruguay se constituye de una base pastoril con importantes niveles de suplementación. Datos aportados por Oleggini et al. (2017) indican que la dieta más representativa de los tambos del Uruguay se compone de un 50% de pasto, 28% de alimentos concentrados y 22% de reservas. Los costos de alimentación representan hasta un 65% de los costos totales del sistema, sin embargo, modificaciones en la proporción de cada componente de la dieta tendrán un impacto directo sobre dichos costos y estarán afectando de manera importante los márgenes de alimentación obtenidos, como muestra la información del proyecto de producción competitiva de CONAPROLE (Oleggini et al., 2017).

Aguerre y Chilibroste (2018) reportaron datos sobre la composición de la dieta en un seguimiento realizado en 28 tambos comerciales ubicados en la cuenca lechera tradicional uruguaya. En la figura No. 1 se muestran los resultados de este estudio en donde se puede observar que el consumo de pastura cosechado de forma directa y el consumo de reservas tuvieron variaciones importantes entre la primavera/verano y el otoño/invierno. En cambio, la fluctuación a lo largo del año

en los niveles de suplementación con concentrado fue menor, donde se encontró diferencia solo entre el invierno y el otoño.

Figura 1

Consumo medio por vaca ordeñe de pastura, reservas y concentrado según estación del año



Nota. Letras diferentes entre estaciones para un mismo tipo de alimento indican diferencias significativas $p < 0.05$. Tomado de Aguerre y Chilibroste (2018).

Estos resultados dejan en evidencia que en promedio para los tambos relevados el factor de ajuste ante déficit o problemas para el consumo de pasto cosechado de manera directa como puede suceder en el invierno, son las reservas forrajeras, mientras que los niveles de suplementación con concentrado, se mantienen relativamente estables durante el año.

En este trabajo, también se analizó que factores condicionaron el consumo directo de pasto en los tambos relevados y con este fin en la tabla No. 1 se presentan datos relacionados a producción, consumo y margen promedio de sistemas lecheros según eficiencia de cosecha de pasto.

Tabla 1

Producción, consumo, manejo del pastoreo y margen promedio anual en tambos según eficiencia de cosecha

	Menor eficiencia	Mayor eficiencia
Produccion (L/VO/día)	23,1	19,9
Consumo (kg MS/VO/día)		
Pastura	6,6	8,4
Reserva	4,6	4,0
Concentrado	7,1	5,0
g concentrado/L	306	250
Margen sobre alimentacion (U\$S/VO/día)	4,0	3,9

Nota. Adaptado de Aguerre y Chilibroste (2018).

En la tabla No.1 se puede observar que los tambos que tuvieron menor eficiencia, consumieron menor cantidad de pastura de forma directa con respecto a los de mayor eficiencia. Esto fue explicado fundamentalmente por un mayor nivel de suplementación con alimentos concentrados en los tambos de menor eficiencia, que, si bien el mayor uso de estos alimentos se asoció con mayores niveles de producción de leche, la eficiencia de uso del concentrado por litro de leche fue menor y no se detectaron diferencias en cuanto al margen sobre alimentación entre los sistemas de menor eficiencia y los de mayor eficiencia. Los sistemas de mayor eficiencia tuvieron un mayor consumo de pastura de forma directa, menor producción individual, pero con menor uso de concentrados por litro de leche, lo que se tradujo en mejores resultados de margen sobre alimentación por hectárea que los tambos de menor eficiencia. Cabe destacar que dicho margen es variable según precio de insumos y productos.

2.3. MANEJO DEL PASTOREO

Las pasturas instaladas son fundamentales para lograr una producción estable y económicamente rentable de carne, leche y lana. Para cumplir con este objetivo, es necesario asegurar una correcta instalación de las especies deseadas y un manejo posterior adecuado del pasto, de manera que se logre un óptimo aprovechamiento por parte de los animales. Cuando nos referimos al manejo del

pasto, hablamos de cómo se utiliza a través del pastoreo animal y/o la elaboración de reservas forrajeras, desde su instalación hasta el final de su vida útil.

Para lograr una mayor eficiencia en la producción de leche, es esencial comprender el proceso de pastoreo. Dado que la mayoría de los predios productores de leche tienen margen de mejora en cuanto al consumo de materia seca, es recomendable estudiar estrategias de pastoreo que puedan aumentar el consumo de forraje, controlando la altura de entrada y salida del pastoreo (Fariña & Chilibroste, 2019).

Debido a las características y el papel que desempeñan en la oferta de forraje, tanto las pasturas de corta como las de larga duración es importante considerar la frecuencia, duración e intensidad del pastoreo.

La frecuencia se refiere al número de veces que un animal pastorea en un mismo lugar. Para determinar cuándo es el momento adecuado para pastorear, se debe medir la altura del pasto, la cual varía dependiendo de la especie y la época del año.

La duración se refiere a la cantidad de días en los que el ganado se alimenta en una superficie de pastoreo determinada. Para evitar que los dientes del animal alcancen el rebrote de la planta, lo recomendable es que el pasto consumido durante el primer día no sea comido nuevamente por el animal.

La intensidad del pastoreo se refiere a la altura del forraje que queda luego de haber sido pastoreado.

El manejo del pastoreo implica la habilidad de crear ambientes pastoriles adecuados para obtener los nutrientes necesarios. En este sentido, la estructura del pasto que ofrecemos a los animales desempeña un papel fundamental, ya que determina el grado de facilidad de los animales de ingerir alimento (Carvalho et al., 2005).

Según Carvalho et al. (2001), la estructura del pasto juega un papel preponderante en la definición del consumo en pastoreo. Y para Carvalho et al. (2005) el consumo de forraje está influenciado por la estructura y accesibilidad del pasto, así como por su abundancia y calidad. Los principales mecanismos asociados a esta escala se relacionan con el proceso de cosecha y manipulación del forraje durante el pastoreo. En este contexto, la masa de bocado se considera el parámetro

más determinante para el consumo, según Carvalho et al. (1999), y la estructura del pasto juega un papel especialmente relevante, según lo afirmado por Carvalho et al. (2001).

El consumo diario es el resultado de la tasa de consumo y puede concebirse como un proceso acumulativo derivado de la suma de los bocados recolectados en el pasto. Por lo tanto, las variaciones en el comportamiento de pastoreo causadas por cambios en la estructura del dosel pueden influir en el consumo de forraje (Carvalho & de Moraes, 2005).

Sarmento (2003) estudió la influencia de cuatro alturas de pastoreo (10, 20, 30 y 40 cm) en pasturas de pasto Marandú sobre el comportamiento ingestivo de bovinos. Los resultados revelaron una relación estrecha entre la altura de la pastura y la masa de bocado, la tasa de bocado y el consumo de materia seca. Estas evidencias refuerzan la importancia de la correlación entre los componentes de la estructura del dosel forrajero y las variables del comportamiento ingestivo en la determinación del consumo de animales en pastoreo.

Cuando el pasto es manejado a alturas más bajas, se observa una penalización y disminución en la masa de bocados, debido a la probable limitación en la profundidad de bocados (Carvalho, 1997). En respuesta a estas alturas más bajas, los animales aumentan la frecuencia de bocados para compensar, aprovechando más movimientos mandibulares para obtener el forraje (Carvalho et al., 2001). Sin embargo, esto conlleva a que los animales deban incrementar su tiempo de pastoreo para intentar satisfacer el nivel de consumo requerido, lo que se vuelve difícil de lograr. Los resultados dejan en evidencia que el consumo de forraje está altamente influenciado por las variaciones en la condición y estructura del dosel forrajero.

En este contexto, el manejo del pastoreo debe ser considerado como la construcción de estructuras de pasto que optimicen la velocidad de cosecha de forraje por parte del animal en pastoreo (Carvalho et al., 2001; Silva & Carvalho, 2005). Con este objetivo en mente, es de vital importancia manejar los pastos a su altura ideal para ofrecer al animal, dada la relevancia que la profundidad de bocado tiene sobre el área de bocado en la formación de la masa del mismo, lo cual a su vez se reconoce como el factor primordial que determina la velocidad de ingestión

por parte de los animales en pastoreo (Carvalho et al., 2001; Silva & Carvalho, 2005). Cabe destacar que esta importancia radica en que la profundidad de bocado responde de manera lineal y positiva al aumento de la altura de manejo del pasto.

En el estudio realizado por Demment y Laca (1993), se demostró que una misma masa de forraje, cuando se presentó a los animales de forma poco densa y alta, permite obtener masas de bocado superiores en comparación con forrajes de la misma masa, pero bajos y densos. Estos resultados indican que, dentro del rango investigado por los autores y desde la perspectiva animal, es más beneficioso contar con un forraje alto en lugar de uno bajo y denso, ya que el primero potencializaría la profundidad del bocado.

Las estrategias de pastoreo tienen un impacto directo en el crecimiento de la pastura. Estudios como el de Soca et al. (2009) han demostrado que mantener bajas alturas remanentes, o no tener ningún tipo de control como en el estudio de Zibil et al. (2016), afecta negativamente la tasa de rebrote de la pastura y la producción total de forraje. Esto representa una amenaza para la base pastoril y la productividad de los sistemas lecheros uruguayos, ya que la gran mayoría de ellos no controlan la altura remanente post pastoreo (Zibil et al., 2016).

Cuando el pastoreo se lleva a cabo a una intensidad elevada o a una altura baja, tanto la cantidad de forraje como la fracción de hojas se ven disminuidas en el horizonte de pastoreo. Por otro lado, cuando la altura de la pastura disminuye debido al pastoreo, las plantas tienden a incrementar su densidad como un mecanismo de adaptación al mismo (McGilloway et al., 1999). Según Matthew et al. (2000), el pastoreo frecuente e intenso resulta en un aumento de la densidad de macollos, pero a su vez, reduce el tamaño de los mismos. Previo a esto, Davies (1988) ya había señalado una relación inversa entre el número y tamaño de los macollos. Por consiguiente, la plasticidad fenotípica, que se refiere a los cambios morfogenéticos expresados por las plantas en respuesta a variaciones en el manejo del pastoreo (Bradshaw, 1965), desempeña un papel crucial en determinar la adaptación de las plantas forrajeras al pastoreo. En consecuencia, las pasturas se pueden considerar como sistemas altamente regulados, donde cualquier alteración en la estructura provoca una respuesta morfogenética que, a su vez, modifica la estructura en sí (Lemaire & Agnusdei, 1999).

2.3.1. Referencias sobre manejos del forraje residual

En un estudio nacional llevado a cabo por Mattiauda et al. (2009), se evaluó una pastura de Festuca, Trébol blanco y Lotus, manejada a diferentes alturas remanentes (3, 6, 9 y 12cm). Se observó como tendencia, que las menores intensidades de pastoreo estaban asociadas con un aumento en la producción individual de leche, así como en la producción de forraje, lo que llevó a un menor uso de suplementación concentrada. Sin embargo, los resultados también indicaron que una altura remanente de 3 cm no era viable a nivel del sistema. Soca et al. (2009) observaron resultados similares, donde las pasturas de la misma especie manejadas a una altura remanente de 3 cm mostraron una alta proporción de suelo desnudo, lo que comprometió la persistencia de la pastura. Por otro lado, cuando se manejó la pastura a una altura de 12 cm, se demostró una tendencia al aumento en la producción de forraje y leche.

Faber (2012) llevó a cabo un trabajo con el objetivo de describir la heterogeneidad espacial y estructura de parches de pastoreos altos y bajos, y la selectividad de vacas lechera bajo tres alturas de pastoreo en pasturas de Festuca y Trébol blanco. Los tres tratamientos de altura de remanente de pastoreo fueron de (T6) 6, (T9) 9 y (T12) 12 puntos de Plato medidor. Los resultados demostraron que la altura y la cantidad de forraje disponible al inicio del pastoreo fue similar en las dos estaciones del año evaluadas y en todas las alturas de pastoreo. A la salida del pastoreo la altura y la cantidad de forraje remanente incrementó entre T6 y T12 en los pastoreos realizados. Además, incrementos en la altura de pastoreo determinaron una mayor proporción de parches altos y menor proporción de parches bajos. Parches altos presentaron mayor altura, número de macollos, largo de vaina, porcentaje de Festuca y menor porcentaje de Trebo blanco que parches bajos. Las vacas lecheras seleccionaron a favor de parches altos en todas las alturas de pastoreo.

En el trabajo realizado por Amaral et al. (2013), se llevaron a cabo evaluaciones de diversas combinaciones de alturas pre y postpastoreo. En el caso del raigrás (*Lolium Multiflorum*), se observó que al mantener una altura remanente de 10 cm se obtenía una proporción elevada de láminas, lo cual se tradujo en una tasa de consumo más alta en comparación con una altura remanente de 5 cm.

En un estudio sobre el efecto del control de la intensidad de defoliación en la producción de forraje y su consumo por los animales en tambos comerciales, Zibil et al. (2016) observaron que la tasa de acumulación diaria aumentó un 26,5% en el tratamiento con control de altura (entrada de 15-20 cm y salida de 5-7 cm) en comparación con el grupo sin control (manejo rutinario de los tambos). Además, se registraron incrementos en la producción total de forraje y una mejor utilización de la materia seca producida gracias al control del pastoreo.

En un estudio realizado por Menegazzi (2020), se compararon distintas alturas de remanente de forraje. En el tratamiento laxo, se dejó una altura mayor (12 cm en otoño e invierno y 15 cm en primavera), lo que hizo que las vacas consumieran la misma cantidad de materia seca en el día, pero dividida en períodos más cortos. Por otro lado, en el tratamiento control, con una altura menor (6 cm en otoño e invierno y 9 cm en primavera), los animales tuvieron sesiones de pastoreo más largas y en menor cantidad. Como resultado, en el tratamiento laxo se obtuvo una mayor producción de leche, debido a que las vacas tuvieron una mayor capacidad de selección y consumieron más pasto de mejor calidad.

Fast (2020) llevó a cabo un estudio en el que se compararon dos intensidades de defoliación: un tratamiento laxo (TL) de 15 cm y un tratamiento control (TC) de 9 cm en primavera. Los resultados mostraron una mayor estabilidad en la producción de los animales en el tratamiento laxo, donde la defoliación de la pastura fue del 39%, en comparación con el TC, que tuvo una defoliación del 58%. Una defoliación menos intensa permitió a los animales obtener una mayor producción de leche y sólidos al consumir forraje de mejor calidad. Una mayor intensidad de defoliación obligó a los animales a pastorear durante más tiempo, prolongando cada sesión de pastoreo y consumiendo forraje de peor calidad, con un mayor contenido de restos secos y una menor cantidad de lámina.

Con el propósito de analizar y medir la tasa de consumo de materia seca (MS) durante la primera sesión de pastoreo en la mañana y en la tarde, así como el consumo total diario y la producción diaria de leche de vacas en periodo de lactancia, Oborsky (2021) realizó un estudio con tres tratamientos de altura de remanente, tratamiento control (TC) de 9 cm, tratamiento medio (TM) de 12 cm y tratamiento laxo (TL) de 15 cm, utilizando 36 vacas en ordeño sobre una pastura en base a Festuca de segundo año. En el primer ciclo de pastoreo, se demostró que la

mayor altura remanente (TL) tuvo la tasa de consumo más alta y la mayor producción de leche, mientras que el consumo de materia seca (MS) fue mayor en TL y TM en comparación con TC. TL presenta la mejor combinación en términos de tasa de consumo durante la cosecha de forraje, lo cual se tradujo en una mayor producción de leche con una eficiencia de conversión mejorada. En el segundo ciclo de pastoreo, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la tasa de consumo, mientras que la producción de leche fue superior en TL en comparación con TM y TC, los cuales no mostraron diferencias significativas entre sí. En este ciclo de pastoreo, caracterizado por el estrés térmico y sin diferencias en la tasa de consumos registrada, el TL logro la mayor producción de leche. La menor intensidad de defoliación se asoció con un aumento en la tasa de consumo y en el consumo de MS, lo que a su vez se tradujo en una mayor producción de leche.

Chilibroste et al. (2015) indican que una menor intensidad de defoliación podría permitir una mayor tasa de consumo y, por lo tanto, un mayor consumo de forraje. Sin embargo, llegado a un punto determinado, la calidad y la utilización de la pastura se verían desfavorecidas.

Aún pareciera no haberse encontrado el punto de equilibrio en la interfase planta-animal que optimice la utilización de los recursos, maximizando la performance animal sin comprometer la calidad y la persistencia de la pastura. Por lo tanto, es pertinente continuar investigando y abordando este tema para lograr una mejor comprensión de los procesos involucrados y obtener información transferible a los sistemas comerciales de producción.

2.4. MÉTODOS DE ESTIMACIÓN

La principal determinante de la producción animal es el consumo y a través de su efecto en la estructura de la pastura, también resulta determinante de la producción de las plantas (Ungar, 1996).

El rendimiento en producto animal de los sistemas pastoriles depende de un numero asociado de factores. Para mejorar la utilización y por ende la eficiencia de conversión de forraje en producto animal, es necesario medir o por lo menos

estimar estos componentes, de los cuales uno de los más importantes es cuantificar el forraje consumido por los animales en pastoreo (Cordova et al., 1978).

Determinar cuánto consume un animal de los diferentes alimentos que le son suministrados es una herramienta clave que ayuda a aumentar la eficiencia de conversión de dichos alimentos en producción secundaria, pero dicha estimación resulta dificultosa cuando los animales son alimentados, total o parcialmente, mediante el pastoreo de forrajes, por todas las variables que influyen en este tipo de alimentación. Estas variables pueden ser la edad, peso, estado fisiológico, nivel de producción y condición corporal del animal; las especies que componen la pastura, su composición química, digestibilidad, distribución en el tapiz y estado de madurez. En cuanto al manejo importa la cantidad de forraje ofrecido por animal y por día, la suplementación, la fertilización y el sistema de pastoreo entre otros aspectos; y, con respecto al ambiente, la temperatura, la humedad, el fotoperíodo, la velocidad del viento, etc. (Dulau, 2007).

Además, desde el punto de vista de la extensión, la falta de una estimación confiable del consumo en pastoreo, limita el uso de los modelos de alimentación más difundidos (Agricultural Food and Research Council, Agricultural Research Council, National Research Council), además, la mayoría de las ecuaciones y modelos disponibles en la bibliografía, se basan en un cálculo de “variables relativas” que representan una parte de un determinado potencial que un animal puede llegar a satisfacer en condiciones limitantes (Galli, 1994).

Los métodos que comúnmente se utilizan para medir el consumo en pastoreo, presentan severas limitaciones que introducen errores en la estimación, dadas principalmente por los ambientes en los que se llevan a cabo los estudios (Minson, 1990).

Por lo tanto, resulta de gran importancia, desarrollar y ajustar un método indirecto de estimación del consumo de forrajes, de fácil medición y que se correlacione con los requerimientos de los animales (Ferri et al., 1998). Disponer de un método indirecto de estimación de consumo, tiene como principal ventaja cuantificar y evaluar esta variable a nivel de campo, permitiendo tomar adecuadas decisiones de manejo para el sistema.

Las metodologías de estimación del consumo pueden ser diferenciadas entre aquellas que se basan en estimaciones sobre los animales y las que lo hacen sobre la pastura.

Existen varios métodos desarrollados para medir el consumo en animales que se basan en estimaciones sobre los mismos. Entre ellos se encuentran:

2.4.1. Métodos basados en estimaciones sobre los animales

2.4.1.1. Método de la energía neta

Usualmente utilizado como método patrón, tiene en cuenta los requerimientos de los animales para su mantenimiento y distintas producciones (ganancia de peso, producción de leche, etc.), no tiene en cuenta características propias de cada animal ya que utiliza tablas generales como las elaboradas por el National Research Council (N.R.C.) de los Estados Unidos (Macon et al., 2003).

2.4.1.2. Comportamiento ingestivo

El consumo de forraje y el comportamiento ingestivo están estrechamente relacionados y han demostrado ser de gran importancia en términos de bienestar animal y su performance (Chilibroste et al., 2015).

Hancock (1952) señaló que se podía estimar el consumo de un animal a partir de los componentes del comportamiento ingestivo. Para ello, estableció que el consumo diario en pastoreo (C) se pudo calcular mediante el producto de tres variables: el tiempo de pastoreo por día (T), la tasa de bocados durante el pastoreo (TB) y el tamaño de bocado (B). De esta manera, la ecuación quedaría expresada como: $C \text{ (g/día)} = T \text{ (minutos/día)} \times TB \text{ (bocados/minuto)} \times B \text{ (g/bocado)}$.

Para la determinación del tamaño de bocado se puede utilizar una fístula esofágica la cual puede presentar algunas dificultades. Por ejemplo, se pueden encontrar subestimaciones de esta variable debido a movimientos buco linguales extras que no están relacionados con la acción de comer (Dulau, 2007).

Este método para estimar el consumo de animales presenta algunas características importantes. En primer lugar, permite obtener datos precisos de cada animal individualmente. Sin embargo, su exactitud dependerá en gran medida de la estimación correcta del tamaño de bocado, lo que puede presentar algunas dificultades, como se mencionó anteriormente. Además, su implementación requiere la utilización de diversos equipos y trabajos sobre los animales, lo que puede resultar en un proceso más complejo (Dulau, 2007), lo que justifica su utilización a nivel experimental, siendo impracticable a nivel comercial.

2.4.2. Métodos basados en estimaciones sobre las pasturas

Con el objetivo de realizar monitoreos en la pastura, se dispone de diferentes métodos para la estimación de biomasa que permiten obtener un mayor control de los procesos en un sistema (Montossi, 2013). A pesar de ello, datos obtenidos por una encuesta realizada por el GIPROCAR II, evidencia que solo un 42% de los productores estima la disponibilidad de materia seca por unidad de superficie a través de una estimación esencialmente “visual” del forraje disponible (Pravia et al., 2013).

Podría agruparse a estas metodologías bajo el nombre general de "método de la diferencia", en el que se estima la disponibilidad de forraje antes y después del pastoreo, y se estima el consumo por diferencia (Meijs, 1981). Sin embargo, estas metodologías difieren lo suficiente en sus técnicas para estimar dichas disponibilidades como para ser considerados distintos métodos, cada uno con sus ventajas y desventajas. Por lo tanto, podrían utilizarse en diferentes situaciones.

Fernández (2004) señala que los métodos de estimación se pueden clasificar en directos e indirectos. En cuanto a los directos, estos se basan en un muestreo destructivo (cortes), mientras que los indirectos se fundamentan en el uso de técnicas no destructivas (altura, pasturómetro). Ambos métodos pueden ser combinados. La adopción de uno u otro, dependerá de la precisión de los instrumentos, facilidad de ejecución y el costo.

2.4.2.1. Método directo o destructivo

El método directo o destructivo, consiste en cortar una muestra del material vegetal con una medida conocida, pesar y secar en estufa o microondas en laboratorio. En general se aplica como método de referencia, ya que es el más preciso para la porción de área conocida (Cangiano, 1996), en cambio, la determinación se realiza en una escala muy pequeña del terreno y no representa con seguridad la variabilidad del mismo (Millapán, 2014). El inconveniente que presenta este método, en primer lugar, es que además de ser una técnica destructiva, emplea demasiado tiempo, y, en segundo lugar, se requiere de un gran número de muestras para obtener estimaciones confiables que representen la heterogeneidad del potrero (Pravia et al., 2013). Se torna impracticable en grandes áreas de evaluación.

La presencia de animales en la pastura, su comportamiento y las deyecciones resultantes de los mismos y la heterogeneidad de especies que a veces pueden presentar las pasturas, pueden constituir un sistema biológico altamente variable y es necesario obtener un gran número de muestras para poder estimar su cantidad de manera confiable (Fernández, 2004).

2.4.2.2. Método indirecto o no destructivo

Los métodos de medición indirectos o no destructivos, se basan en la relación de uno o más atributos de la vegetación (altura, densidad) con el forraje disponible. Permiten tomar varias mediciones en un corto periodo de tiempo, son de utilidad para determinar momentos de iniciar y finalizar pastoreos, y también son útiles en situaciones en las que se decide detener la utilización de la pastura. Estas mediciones son frecuentemente utilizadas en la gestión del pastoreo en predios lecheros (Demanet, 2017).

Para la correcta utilización de estos métodos en una determinada zona, es necesario calibrar los instrumentos, generando ecuaciones de regresión que permitan al mismo predecir en forma aproximada la realidad, estas ecuaciones se construyen con los datos aportados por el método de corte (directo) y la lectura del

instrumento. Dichas ecuaciones se deben elaborar para cada estación del año o en el caso de cambios en la condición climática y para cada tipo de pradera y pastura. Las ecuaciones que traen los instrumentos de fábrica, generalmente corresponden a calibraciones realizadas en los países de origen, con pasturas y condiciones climáticas diferentes (Demanet, 2017).

Se conocen varios métodos indirectos no destructivos para estimar la cantidad de forraje, pero sólo algunos permiten estimar el consumo de los animales. Entre estos, se pueden mencionar:

2.4.2.3. Doble muestreo

El método de doble muestreo es una combinación de las técnicas directas e indirectas, lo que lo convierte en un método eficiente que requiere menos mano de obra, menos equipamiento y menos tiempo. Una de sus ventajas más importantes es su capacidad para estimar la biomasa en grandes áreas. Sin embargo, este enfoque es subjetivo y requiere que el observador tenga la capacidad de relacionar lo que se está observando con estándares predefinidos. El éxito de esta técnica depende en gran medida de la habilidad del observador para mantener criterios consistentes y adquirir experiencia a través de la práctica frecuente (Moliterno, 1997).

Este método implica una estimación visual de la biomasa, que se calibra mediante el corte de muestras. Para ello, se recorre todo el potrero y se seleccionan visualmente entre tres y cinco estratos de disponibilidad de biomasa, dependiendo de la heterogeneidad de la pastura. En pasturas más heterogéneas, se deben elegir más puntos de la escala. Es importante que los diferentes estratos de la escala sean representativos del potrero. Luego, se cortan tres muestras de cada punto de la escala con un cuadrado de área conocida, al ras del suelo. Posteriormente, estas muestras se pesan y secan en una estufa a 60°C durante 48 horas. Con esta información, se construye una escala donde se asigna a cada valor el promedio de los tres cortes, expresado en Kg MS/ha. El valor más bajo, uno, corresponde al estrato con menor disponibilidad de biomasa, mientras que el valor más alto, tres o cinco según la escala, corresponden a los mayores valores de disponibilidad. Se

realiza la transecta del potrero y se registra el valor de la escala que se observa cada diez metros. Se construye una tabla de frecuencia relativa a partir de los kilogramos de materia seca de cada estrato y de la frecuencia obtenida al recorrer la transecta. Con esta información, se determina la cantidad total de kilogramos de materia seca en cada potrero (Haydock & Shaw, 1975).

2.4.2.4. Regla

Uno de los métodos indirectos más utilizados para estimar la materia seca disponible es la medición de la altura del forraje con una regla. Varios autores han encontrado una buena conexión entre la altura del forraje y la disponibilidad de la pastura. Para integrar estas dos variables, se han desarrollado ecuaciones que se calculan mediante una regresión lineal entre la biomasa estimada mediante el método de corte del forraje y el promedio de las mediciones de la altura de la pastura dentro de cada rectángulo de corte (Montossi et al., 2013).

Es importante tener en cuenta que la medición de la altura del forraje con una regla no es suficiente para explicar la disponibilidad de forraje, ya que también es necesario considerar la composición botánica y la topografía del terreno tanto durante el sondeo como en la interpretación de los resultados. Es necesario calibrar el método con frecuencia, ya que la medición es susceptible a errores debido a las diferencias en la estructura de la pastura, la intensidad del pisoteo, la composición botánica, la época y el manejo del pastoreo. La calibración se realiza para un recurso forrajero en condiciones específicas y en una región determinada. Por lo tanto, la ecuación de predicción no puede ser extrapolada a otras condiciones y es necesario recalibrarla nuevamente (Montossi et al., 2013).

2.4.2.5. Plato medidor

Esta herramienta registra valores de altura considerando su densidad, los que se denominan como valores de altura comprimida. Ha sido extensamente explorada como una herramienta de trabajo que facilita la estimación de la biomasa

existente en una pastura. Esta información se emplea para calcular la productividad forrajera y el consumo de forraje por el pastoreo (Cangiano & Brizuela, 2011).

Michell (1982) y Schori (2015) han informado de una relación entre la altura comprimida por el Plato medidor y la biomasa. Sin embargo, King et al. (2010) encontraron diferencias en las estimaciones en diferentes épocas cuando el instrumento no se calibró localmente. Entre las ventajas de esta técnica, se ha señalado la capacidad de lograr una determinación rápida y objetiva, lo que posibilita realizar numerosas muestras por unidad de tiempo. Además, se destaca la naturaleza no destructiva de este método, así como su uso de manera sencilla y económica (Waller, 2020). Otra ventaja de esta herramienta es que reduce la variación entre los operarios y permite aumentar el número de determinaciones por potrero, lo que resulta en una mejor descripción de la heterogeneidad del espacio en comparación con el corte (Ortega, 2019). Sus limitantes surgen de que los mejores resultados se obtienen en pasturas homogéneas y en estado vegetativo. Las estimaciones pueden generar resultados erróneos al emplear esta herramienta en estadios fenológicos avanzados, debido a la lignificación de los tallos (Waller, 2020). Sin embargo, aún presenta como limitante la dificultad de aplicarlo en unidades de producción extensas debido al esfuerzo físico requerido para abarcar la totalidad del área (Ortega, 2019).

2.4.2.6. Pasturómetro C-Dax

Este dispositivo fue creado en Nueva Zelanda con el objetivo de estimar la biomasa de la pastura. Consiste en un arco en forma de "U" invertida montado en una estructura especial. El sensor está equipado con 18 emisores de rayos infrarrojos (9 de cada lado) separados por 20 mm. Se coloca detrás de un cuatriciclo y va registrando la altura del forraje a medida que el rayo que conecta el emisor con el receptor es interceptado en una pasada de 30 cm de ancho. A medida que se toman las mediciones sucesivas, se proyectan en una pantalla de control pequeña donde se muestra la altura correspondiente y un valor de disponibilidad de forraje en kg MS/ha asociado a una calibración en el lugar de origen. El sistema viene calibrado de fábrica con una fórmula preparada para pasturas típicas de raigrás y

trébol blanco en diferentes zonas de Nueva Zelanda. Este dispositivo permite obtener 200 mediciones de altura por segundo y puede usarse a velocidades de hasta 20 km/h (C-Dax, 2016).

La simplicidad, practicidad y rapidez con la que este sensor genera el registro de la altura promedio (King et al. 2010; Lyons, 2007; Yule et al. 2010) es una ventaja, así como la capacidad de las estimaciones de establecer un grado de independencia del error entre usuarios (Rennie et al., 2009). Además, debido a su capacidad de tener una alta frecuencia de registros por unidad de tiempo, el dispositivo permite detectar la heterogeneidad de la pastura con mayor precisión.

Como desventaja presenta, eventualmente un mayor costo en relación a los otros métodos de estimación, se debe disponer de un vehículo para recorrer el campo y se debe calibrar para una situación y localidad determinada.

En sistemas intensivos con alta complejidad y una gran competencia por la mano de obra calificada, es de suma importancia realizar tareas de manera rápida y precisa. En Suiza, Schori (2015) estimó que el uso del pasturometro redujo hasta 6 veces el tiempo necesario para estimar la biomasa en estos sistemas.

2.5. ANTECEDENTES DE ESTIMACIÓN DEL CONSUMO Y COMPARACIÓN DE DISTINTOS MÉTODOS

2.5.1. Referencias y comparación de metodologías basadas en estimaciones en la pastura

En la tabla No. 2 se lleva a cabo una comparación entre los métodos en términos de practicidad y calidad al medir.

Tabla 2*Comparación práctica de métodos*

Métodos	TT	CL	ICM	E	ROI	CP
Corte	++++	-	++	++	+	+
Doble muestreo	+++	++	++	+	++	++
Regla	++	+	+++	+	+++	+
Plato medidor	++	++	+++	++	++++	+
C-Dax	+	+	++++	+++	++++	+

Nota. TT: Tiempo de trabajo; CL: Calibración; ICM: Independencia del criterio del medidor; E: Equipamiento; ROI: Rapidez en obtener información; CP: Capacitación. Adaptado de López y Sosa (2019).

Se han llevado a cabo múltiples estudios por parte de diversos autores con el fin de evaluar y contrastar distintos métodos para la estimación de biomasa en pasturas.

En Argentina, se llevó a cabo un estudio que comparó diferentes métodos (corte, Plato medidor, regla graduada y estimación visual) para evaluar tres tipos de pasturas (mezcla de alfalfa, Festuca y Cebadilla criolla; Alfalfa pura y Avena pura) en situaciones de pre y post pastoreo, con pastoreo rotativo a lo largo de un año. Los resultados indicaron que todos los métodos fueron precisos y que no se observó subestimación ni sobrestimación de la fitomasa aérea (Bisio et al., 2001).

Comparaciones entre el C-Dax y el Plato medidor fueron realizadas por Lyons (2007) en pasturas de *Lolium Multiflorum*, *Bromus willdenowii* y *Medicago sativa* en Australia. Para cada especie se ajustó la altura y la biomasa utilizando ambos métodos. Para *Lolium Multiflorum*, se obtuvo una ecuación de predicción para el C-Dax $y = 0,16x^2 - 16,3x + 820,8$ con una precisión de $r^2 = 0,85$, mientras que para el Plato medidor se obtuvo una ecuación de predicción $y = 2,1x^2 + 50,5x - 264,7$ con una precisión de $r^2 = 0,89$. En el caso de *Bromus willdenowii*, se obtuvo una respuesta lineal para el C-Dax $y = 25,17x - 698,96$ con una precisión de $r^2 = 0,69$. Finalmente, para *Medicago sativa* se obtuvo una ecuación de predicción para el C-Dax $y = 0,12x^2 - 9,1x + 971,5$ con una precisión de $r^2 = 0,87$.

Rennie et al. (2009) llevaron a cabo un estudio para evaluar la precisión de las ecuaciones de predicción estacional disponibles por el fabricante, comparándolas con los cortes realizados en los rectángulos. Los resultados indicaron que el error medio fue de 504 kg de materia seca por hectárea y el rango del error varió de -620 a 1460 kg de materia seca por hectárea. De acuerdo con Rennie et al. (2009), tanto el C-Dax como el Plato medidor presentaron grandes errores de predicción al utilizar las ecuaciones proporcionadas por el fabricante. Durante diciembre y enero, las estimaciones fueron sobreestimadas en más de 1000 kg de materia seca por hectárea, mientras que en marzo y abril fueron subestimadas en más de 1000 kg de materia seca por hectárea. Como alternativa, las nuevas ecuaciones derivadas de una nueva calibración resultaron ser una mejor opción para estimar la biomasa en el norte de Nueva Zelanda.

Loaiza et al. (2012) llevaron a cabo un estudio para estimar la biomasa disponible en praderas de *Lolium perenne* en Chile, utilizando el pasturómetro C-Dax en cuatro predios comerciales y seis potreros en cada uno de ellos, seleccionados en función de la disponibilidad de biomasa. Además, se utilizó el Plato medidor para determinar la disponibilidad de cada potrero. Los autores encontraron una relación positiva, lineal y significativa entre la altura medida con el C-Dax y la cantidad de biomasa presente en el potrero. Para ese periodo, el coeficiente de determinación fue 0,703, la pendiente de la ecuación fue 15,9 y el intercepto de 118,6.

El estudio de Schori (2015) comparó la precisión del C-Dax y del Plato medidor en praderas suizas con una composición botánica visualmente determinada: un 50% de ellas eran predominantemente gramíneas (> 70%), un 20% estaban equilibradas (50% de gramíneas) y el resto tienen menos del 50% de gramíneas. En promedio, la altura medida con el Plato medidor fue menor que con el C-Dax ($P < 0,001$). La correlación entre las medidas de ambos dispositivos fue buena, y se ajustó una ecuación $y = 7,2x + 5,3$ con una exactitud (r^2) de 0,79, donde Y es la altura medida con el C-Dax y X es la altura medida con el Plato medidor.

Schori (2015) encontró diferencias en el intercepto (0,7 vs 19, $P < 0,001$) y la pendiente (7,45 vs 6,4, $P = 0,003$) de las regresiones específicas para cada sitio al comparar la estimación de altura del C-Dax y del Plato medidor en praderas en Suiza. Por lo tanto, el autor sugiere ajustar una regresión para cada lugar. Las

ecuaciones reportadas para la estimación de biomasa son $y=118x-728$, $r^2=0,81$ ($n=252$) para el Plato medidor y para el C-Dax $y=15,2x-742$, $r^2=0,77$ ($n=252$). Según Schori (2015), la altura medida con ambos dispositivos proporciona una estimación similar de la biomasa por hectárea y explica el 80% de la variación.

Garrido (2019) realizó un estudio en el Centro Regional Sur (CRS) de la Facultad de Agronomía, donde comparó el C-Dax y la regla en términos de medición de biomasa disponible en distintos recursos forrajeros, a su vez, comparó la ecuación de calibración del C-Dax con la brindada por el fabricante, y también realizó la comparación del C-Dax con la técnica de Doble muestreo a nivel de potrero. Se llega a la conclusión de que es factible emplear una sola ecuación para evaluar todos los recursos forrajeros, tanto para el C-Dax como para la regla. Se observa una alta correlación entre la altura medida con la regla y el C-Dax, así como con los kilos estimados mediante las diversas ecuaciones de calibración en la sección de calibración. Además, se evidencia una correlación lineal y positiva entre la biomasa determinada mediante el Doble muestreo y la estimada por el C-Dax.

En el CRS de la Facultad de Agronomía se realizó un trabajo que comparó el C-Dax y la regla graduada en cuanto a estimación de biomasa disponible (kg MS/ha) en diferentes mezclas forrajeras. El trabajo constó de dos partes, la calibración de las herramientas y su posterior comparación. Se concluye que ambos métodos estiman de manera igual los kg MS/ha totales disponibles durante la estación de otoño-invierno. Al comparar las ecuaciones por recurso entre los métodos, solo se observan diferencias en el caso del *Dactylis*. La principal diferencia entre los métodos se encuentra en la comparación de alturas, donde se demostró que el C-dax mide un 57% en relación a la medición en mm con la regla graduada. Si esta relación de altura se mantiene constante en todo el potrero, las diferencias al elegir entre un método u otro pueden llegar a ser significativas a la hora de tomar decisiones (Lopez & Sosa, 2019).

Ortega (2019) comparó diferentes métodos en cuanto a la estimación de forraje disponible y tasa de crecimiento de diferentes recursos forrajeros en potreros individuales, en el CRS de la Facultad de Agronomía. Como resultado se obtuvo que la biomasa estimada por C-Dax fue mayor a la estimada por Doble muestreo y las diferencias fueron mayores a medida que aumentaba la disponibilidad. La tasa de crecimiento estimada por C-Dax fue similar a la estimada por la técnica de Doble

muestreo y la relación entre ambas fue ajustada por un modelo lineal. La tasa de crecimiento estimada en los potreros fue mayor cuando se comparó la estimación mediante imágenes satelitales y el C-Dax. Las diferencias encontradas en tasa de crecimiento estimada por los métodos fueron menores cuando las determinaciones se realizaron en el área de plataforma de ordeño. Además, se encontró una interacción significativa entre mes y método.

Waller (2020) se planteó determinar la precisión del sensor lumínico pasturómetro C-Dax para estimar biomasa a nivel de plataforma de pastoreo en sistemas pastoriles. En este trabajo se utilizaron 5 recursos forrajeros, durante un año, en dos sitios del sur del Uruguay. Fue investigado cómo el tipo de recurso forrajero, la estación del año y la edad de la pastura influyeron en el nivel de ajuste alcanzado. Se lograron ajustes intermedios ($r^2=0.4$), que caen dentro del rango mencionado en la literatura, con una mayor precisión de ajuste a partir de los 5 cm respecto al nivel del suelo. Los mejores intervalos de confianza surgieron al emplear ecuaciones con $n>85$.

2.5.2. Referencias de estimación del consumo

Dulau (2007) llevó a cabo un estudio en Argentina con el propósito de comparar estadísticamente tres métodos de estimación del consumo de bovinos en pastoreo. Se utilizaron terneras Aberdeen Angus de biotipo chico (Frame Score 3), las cuales se dividieron en dos grupos con diferentes formas de manejo de pastoreo en parcelas diarias, en una promoción de raigrás.

En invierno y primavera, se llevaron a cabo 4 determinaciones del consumo de las terneras en cada grupo de manejo utilizando el método de cortes de oferta y remanente, junto con estimaciones de oferta y remanente obtenidas con el Plato medidor. Estos datos se compararon con el método de estimación a través del rendimiento animal (energía neta), para el cual se realizaron pesadas de los animales cada 14 días para determinar el aumento diario de peso vivo.

Según el análisis de varianza realizado con un nivel de confianza del 95%, no existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los métodos

de energía (5,99 kg MS/animal/día) y cortes (6,96 kg MS/animal/día). Sin embargo, sí hay una diferencia significativa ($p < 0,05$) entre estos dos métodos y las estimaciones obtenidas a través del Plato medidor (2,96 kg MS/animal/día).

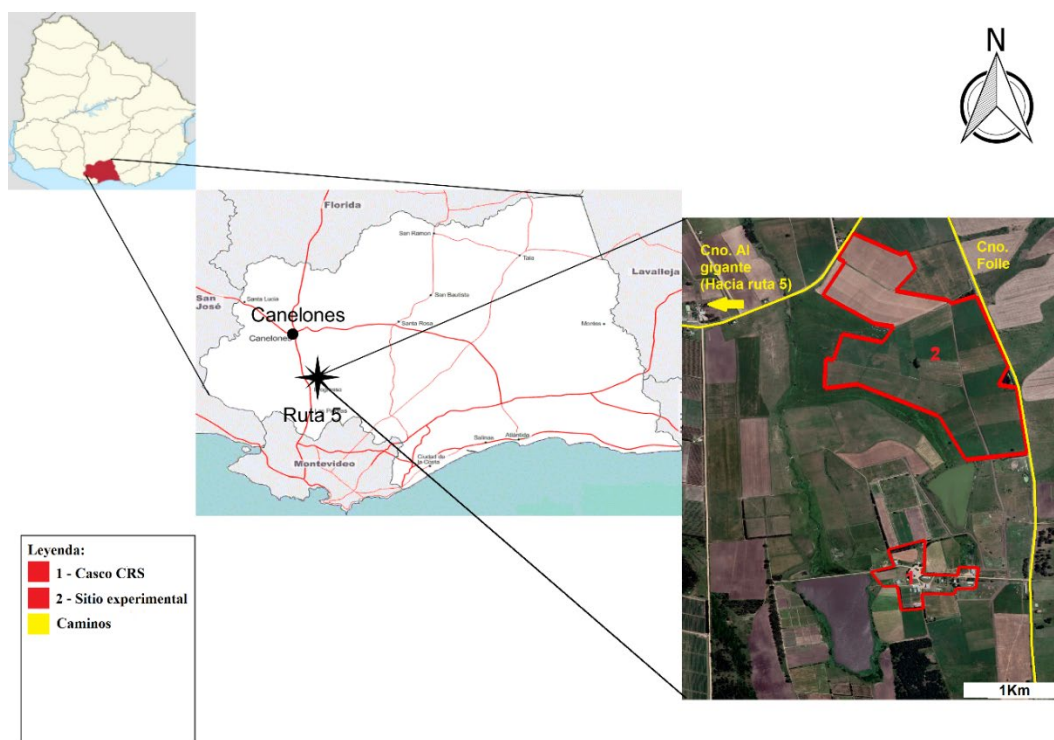
3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN Y PERIODO EXPERIMENTAL

El experimento fue llevado a cabo en el CRS (Latitud: S 31° 36' 47.63"; Longitud: W 56° 13' 04.03"), que forma parte de la Facultad de Agronomía, en el área correspondiente a la unidad de producción lechera. Este se ubica en el Departamento de Canelones sobre el camino Folle km 35.500, al este de la localidad de Juanico. El mismo se realizó en el período correspondiente a la primavera del 2019 desde septiembre a diciembre.

Figura 2

Ubicación del predio



Nota. Elaborado en base a Google Maps (2023a).

3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

3.2.1. Suelos

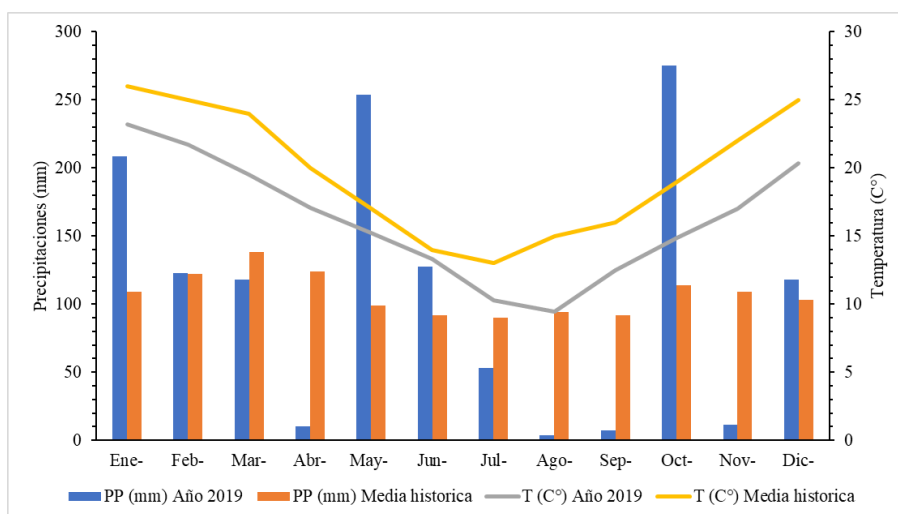
El CRS se encuentra sobre la unidad de suelo Tala-Rodríguez correspondiente a la Formación geológica Libertad en base a la carta de reconocimiento de suelos del Uruguay escala 1:1.000.000 (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca [MGAP], 2020). Los suelos dominantes consisten en Brunosoles Eutrícos Lúvicos, a veces Típicos. Suelos de color pardo muy oscuro, textura franco limosa, fertilidad alta y drenaje imperfecto. El principal grupo CONEAT corresponde al 10.5 con índice de productividad de 236 (MGAP, s.f.).

3.2.2. Clima

En lo que respecta al clima, se buscó realizar una comparación en cuanto a temperatura y precipitación del año en el cual se realizó el experimento, con respecto al promedio histórico desde el año 1998 al 2019 para la localidad del trabajo, con datos obtenidos de INIA y CRS. Los datos mencionados se presentan a continuación en la figura No. 3.

Figura 3

Precipitaciones y temperatura para el año 2019 y la media histórica para la serie 1998/2019



Nota. Elaborado en base a G. Ortega (comunicación personal, 21 de julio, 2021).

Como se puede observar en la figura No. 3, previo al inicio del experimento, en los meses de invierno ocurrieron escasas precipitaciones, algo poco habitual para esta época. En el mes de septiembre, cuando se inició el experimento, se observaron valores de precipitaciones muy por debajo de la media, sumado al déficit de los meses previos, se puede inferir que se estaba presentando una primavera con sequía. En el mes de octubre se registraron grandes precipitaciones, pero estas no fueron suficientes para cubrir el déficit de los meses anteriores, por lo que estos valores registrados de precipitaciones y temperaturas, que en general estuvieron por debajo de la media histórica, pudieron estar afectando negativamente la producción de forraje en el campo experimental.

3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

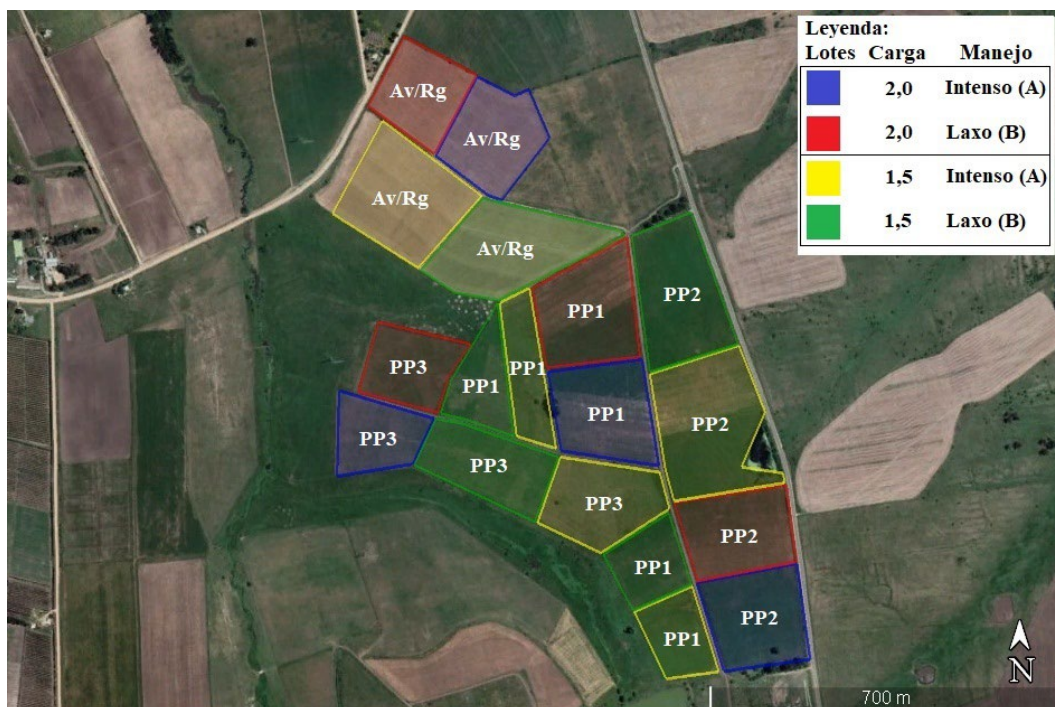
El trabajo se realizó con 4 sistemas compuestos por 24 vacas cada uno, correspondientes a las razas Jersey, Holando y sus cruza.

Dos de los lotes se encontraban en una plataforma de pastoreo con una superficie de 16 ha cada uno con una carga promedio de 1,5 VO/ha de plataforma conformando el bloque 1 y los dos lotes restantes se encontraban sobre una superficie de 12 ha cada uno con una carga promedio de 2,0 VO/ha de plataforma conformando el bloque 2. Los recursos forrajeros que se describen en la siguiente sección (3.4) estuvieron igualmente distribuidos en cada bloque.

Se evaluaron dos manejos del pastoreo en primavera: manejo intenso (A) de residuo en la pastura de 4 cm y manejo laxo (B) con un residuo de 9 cm.

En cada lote experimental se estimó el consumo directo de forraje por día, mediante dos métodos indirectos, el C-Dax, el Plato medidor y el Doble muestreo.

El arreglo espacial del experimento, con los lotes, manejos y respectiva distribución de recursos forrajeros se presenta en la figura No. 4.

Figura 4*Croquis del experimento*

Nota. Av/Rg: Avena y Raigrás, PP1: Pradera permanente de primer año, PP2: pradera permanente de segundo año, PP3: pradera permanente de tercer año. Elaborado en base a Google Maps (2023b).

3.4. RECURSOS FORRAJEROS

Los recursos forrajeros de este experimento estuvieron compuestos por pasturas perennes invernales y verdes de invierno y de verano. Las pasturas perennes consisten en una mezcla ultrasimple invernal (Carámbula, 2002) de *Dactylis Glomerata* y *Trifolium Repens* (Trébol blanco). Los verdes estuvieron conformados por *Lolium Multiflorum* (Raigrás) y *Avena Byzantina*, ambos de ciclo de producción invernal, y el verdeo de verano se trató de *Sorghum sp.* (Sorgo forrajero). La rotación tenía una duración de 4 años, con 3 años de pasturas y 1 año de verdes como se puede observar en la figura No. 5.

Figura 5

Sistema de rotación

Años	1		2		3		4	
Estacion	I	V	I	V	I	V	I	V
Rotacion	VI	VV	PP1	PP2	PP3			

El sistema de rotación ocupaba una superficie total de 56 ha que, a los efectos del experimento, estuvo dividida en 18 potreros que iban de 2 a 4 ha cada uno.

El objetivo de los sistemas era cosechar todo el forraje producido en la plataforma de forma directa por los animales. En ciertas estaciones como lo es la primavera, en la cual el crecimiento del pasto, supera la demanda de los animales, se generan excedentes de la pastura, que son cosechados mecánicamente, generando reservas como el caso del henolaje de pasturas, cuya utilización se describe en el siguiente capítulo.

3.5. MANEJO DEL RODEO

Los animales correspondientes a cada sistema se identificaban con collares de distintos colores según manejo, estos se mantuvieron separados durante todo el experimento. El ordeño matutino comenzaba a las 05:00 Hs, durante el mismo eran suplementados con ración hasta que el ordeño culmine, este tenía una duración aproximada de 2 horas. Luego de esto, los animales se dirigían a sus respectivas parcelas, donde pastoreaban el forraje asignado hasta el horario del siguiente ordeño que era a las 15:00 Hs. Luego de esto, en el caso de que la oferta de forraje fuera adecuada para un doble turno de pastoreo, los lotes se dirigen a una parcela distinta a la de la mañana, donde seguían consumiendo el forraje asignado hasta el otro día; en cambio si la oferta forrajera no fuera suficiente para un doble turno, los animales luego del segundo ordeño, para completar la dieta, pasaban a una zona de comederos donde consumían ensilaje de sorgo por un periodo aproximado de 2 horas, para posteriormente dirigirse hacia un potrero nochero donde se les

suministraba henolaje de pradera y agua ad libitum, manteniéndose hasta el próximo día, iniciando nuevamente la rutina a 1 turno de pastoreo. Lo que definía los turnos de pastoreo era el stock forrajero, y la tasa de crecimiento de las pasturas, siendo los factores determinantes para determinar si se debe reducir el consumo o si se puede considerar cerrar áreas para cosechar el excedente de forma mecánica.

Los animales permanecían dentro de este sistema mientras se encontraban en producción hasta que la misma declinaba y se secaban donde pastoreaban a campo natural, hasta el momento de ingresar al parto 20 días después. La rutina de los animales se puede ver esquematizada en la figura No. 6.

Figura 6

Rutina de los animales



3.6. PASTOREO:

El pastoreo se realizaba en franjas diarias con agua a voluntad. Las mismas eran definidas por mediciones tomadas en una recorrida semanal, donde lo que se cuantificaba era la tasa de crecimiento de las pasturas del sistema y se cosechaba dicha producción de forma directa por los animales.

En cuanto a la frecuencia de pastoreo se daba cuando el *Dactylis* presentaba 3 hojas totalmente expandidas.

Además del pastoreo, la dieta de estos animales contaba con el suministro de ración durante los ordeños, con cantidades que durante algunos periodos fueron de 3 kg por animal, hasta 5,5 kg hacia el final del ensayo y cuando el crecimiento de forraje no era suficiente para cubrir los requerimientos de los animales, luego del segundo ordeño se les suministraba ensilaje de Sorgo en comederos y henolaje de pradera en los potreros nocheros como ya fue mencionado anteriormente.

3.7. MEDICIONES REALIZADAS

3.7.1. Métodos de medición utilizados

3.7.1.1. Plato medidor:

Para efectuar las mediciones del consumo directo de forraje de cada unidad experimental, se utilizaron dos métodos indirectos, uno de ellos fue el Plato medidor, el cual consiste en una herramienta que relaciona la altura de forraje comprimida por el plato y la biomasa. Esto permite medir la cantidad de forraje de un potrero, y el resultado se obtiene mediante la siguiente ecuación de regresión: $y=114,18x+376,32$, con un ajuste de $r^2 0,68$, donde x equivale a la altura del forraje en cm e y a la biomasa en kg MS/ha, dicha ecuación fue calibrada en las mismas condiciones y con los mismos recursos forrajeros utilizados en el presente estudio (G. Ortega, comunicación personal, 16 de mayo, 2023).

3.7.1.2. Pasturómetro C-Dax

El segundo método que se utilizó para la cuantificación del consumo directo de forraje fue el C-Dax, esta herramienta de estimación de biomasa aérea se compone de un sensor de alta precisión que mide la altura del forraje a través de sensores infrarrojos equidistantes, tomando 200 mediciones por segundo, y cuyo resultado se obtiene con la ecuación de regresión: $y=13,7x+744$, con un ajuste de $r^2 0,55$, donde x es el valor de altura de forraje en cm al ras del suelo e y es la biomasa en kg MS/ha, la cual fue calibrada en las mismas condiciones y con los mismos recursos forrajeros que el presente ensayo (Waller, 2020).

3.7.1.3. Doble muestreo

El tercer método empleado fue el método Doble muestreo (Haydock & Shaw, 1975). Para la calibración de este método, cada quince días, se recorrieron

los potreros seleccionando visualmente entre tres y cinco estratos de disponibilidad de biomasa, luego se cortaron 3 muestras de cada punto de la escala al ras del suelo con un cuadrado de 50cm x 30cm, posteriormente se pesaron y secaron las muestras para conocer el contenido de MS de las mismas. Con estos datos se construyó una escala donde a cada valor se le asigna el promedio de los tres cortes expresado en kg MS/ha. El valor más bajo corresponde al estrato de menor disponibilidad y el más alto, tres o cinco según la escala, corresponden a los mayores valores de disponibilidad.

Luego de construida la escala, se recorría la transecta del área que se quería estimar, registrando el valor de la escala observado cada diez metros. Se construye una tabla de frecuencia relativa con los datos de kg de MS/ha de cada estrato y de la frecuencia de cada valor de escala que se obtenía al recorrer la transecta, y de esta manera se estimaba la disponibilidad de forraje pre y post pastoreo y por diferencia se calculaba el consumo por parte de los animales.

Las fotos correspondientes a los métodos se muestran en el Anexo A.

3.7.2. Determinación de biomasa de los potreros y stock en la plataforma de pastoreo correspondientes al experimento principal

Una vez por semana y respetando siempre el mismo día, se realizaba una determinación del stock forrajero y la tasa de crecimiento de todos los potreros que comprenden el experimento utilizando el método del C-Dax descrito anteriormente, lo cual se hacía recorriendo la transecta de los mismos, a su vez se manejó un stock promedio de 1800 kg MS/ha determinado con el Doble muestreo. El objetivo era consumir todo lo que crecía en el sistema, por lo tanto, los datos de stock forrajero estimados en cada potrero, así como la tasa de crecimiento de las pasturas se utilizaron como criterio de manejo para definir los turnos de pastoreo.

A su vez en la recorrida semanal, se determinaba el número de hojas del *Dactylis* para definir el criterio de entrada a pastorear de los potreros.

El esquema de transectas de la recorrida semanal se muestra en el Anexo B.

3.7.3. Determinaciones en la franja correspondientes al trabajo de campo de la tesis

3.7.3.1. Disponibilidad

Las mediciones se realizaban tres veces por semana, en franjas diarias que se le asignaban a cada lote de animales. En cada una de ellas se media con el C-Dax y con el Plato medidor la altura disponible de la pastura pre-pastoreo y post pastoreo. Para realizar la medición se recorría la franja en zigzag, buscando que la medición en la parcela sea lo más homogénea posible y que haya la menor variación entre métodos, dicho patrón medición se puede ver en el Anexo C. Del mismo modo se estimaba con el método de Doble muestreo la disponibilidad pre y post pastoreo de cada franja, pero la misma se realizaba recorriendo la transecta de la misma. Utilizando la altura como variable independiente en las ecuaciones calibradas para cada método (explicado en los apartados 3.7.1.1 y 3.7.1.2), se obtenía el dato de biomasa disponible pre y post pastoreo en kg MS/ha.

3.7.3.2. Consumo de kg de MS/VO/día

Calculando la diferencia entre la biomasa disponible pre y post pastoreo, multiplicándola por el tamaño en hectáreas de la franja y dividiendo todo esto entre el número de animales de cada lote se podía conocer el consumo estimado de forraje en kg MS por animal y por día.

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

Para el análisis estadístico se empleó un diseño en bloques completos al azar (DBCA) con arreglo factorial de tratamientos. Los factores fueron los manejos del pastoreo (intenso A y laxo B) y los métodos indirectos de estimación empleados (C-Dax, Plato medidor y Doble muestreo). Los tratamientos estuvieron conformados por la combinación manejo del pastoreo (A y B) y método de

estimación (C-Dax, Plato medidor y Doble muestreo), dando como resultado 6 tratamientos. Los bloques fueron dos niveles de cargas (1,5 y 2,0 VO/ha PP) habiendo dos repeticiones de cada tratamiento. La unidad experimental fue el lote de animales en el cual se estimó el consumo diario por animal (variable aleatoria) durante 88 días.

Los datos se analizaron con el programa informático InfoStat determinando la significancia estadística de los efectos principales (manejo del pastoreo y métodos de estimación) así como el efecto de la interacción de dichos factores mediante el análisis de la varianza ($p < 0.05$), y las medias se compararon a través del test de Tukey para $p < 0.05$. De esta manera se compararon los datos de consumo directo de forraje por día entre manejos del pastoreo, se compararon los métodos de estimación y se comparó la altura de forraje captada entre el método del C-Dax y el Plato medidor. También se compararon los datos de, producción de leche y sólidos obtenidos entre el tratamiento de pastoreo A y el pastoreo B.

Para el análisis de dichas variables el modelo DBCA ajustado se detalla a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + E_j + (ME)_{ij} + \beta_k + \epsilon_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = Variable aleatoria; μ = Media general; M_i = Efecto del i-ésimo manejo (A y B); E_j = Efecto j-ésimo método de estimación (C-Dax, Plato medidor y Doble muestreo); (ME) = Efecto de la interacción entre el i-ésimo manejo y el j-ésimo método de estimación; β_k = Efecto de la k-ésimo bloque (1,5 VO/ha PP y 2 VO/ha PP); ϵ_{ijk} = Error experimental.

4. RESULTADOS

4.1. DISPONIBILIDAD DE FORRAJE PARA CADA MANEJO

4.1.1. Mediciones efectuadas mediante el pasturómetro C-Dax

En la tabla No. 3 se muestra la disponibilidad de forraje pre pastoreo y post pastoreo de la franja diaria, para el periodo setiembre – diciembre.

Tabla 3

Datos de disponible pre-post pastoreo obtenidos con el pasturómetro C-Dax

	Manejos			
	A	B	EE	Significancia
Disponible pre pastoreo (kg MS/ha)	3270	3234	33,6	NS
Disponible post pastoreo (kg MS/ha)	2064	2166	19,1	*

Nota. Significancia: NS = $p > 0,05$; * = $p < 0,05$; EE: Error Estándar.

En la tabla No. 3 se observa que no existieron diferencias significativas entre manejos en cuanto a disponibilidad pre pastoreo, en cambio sí ocurrieron diferencias estadísticas en cuanto a disponibilidad post pastoreo, con diferencias a favor del manejo laxo.

4.1.2. Mediciones efectuadas mediante el Plato Medidor

En este caso, en la tabla No. 4 se presentan los valores de disponibilidad de forraje pre y post pastoreo de la franja, recabados con el Plato medidor para cada manejo, en el periodo setiembre – diciembre.

Tabla 4

Datos de disponible pre-post pastoreo obtenidos con el Plato Medidor

	Manejos			Significancia
	A	B	EE	
Disponible pre pastoreo (kg MS/ha)	3389	3392	60,2	NS
Disponible post pastoreo (kg MS/ha)	2132	2279	30,1	*

Nota. Significancia: NS = $p > 0,05$; * = $p < 0,05$; EE: Error Estándar.

En la tabla No. 4 se puede evidenciar que la disponibilidad pre pastoreo no presento diferencias significativas entre manejos, mientras que la disponibilidad post pastoreo es significativamente mayor en el manejo laxo, por lo que los datos recabados con el Plato medidor coinciden con los datos relevados con el pasturometro C-Dax.

4.1.3. Mediciones efectuadas mediante Doble muestreo

En la siguiente tabla (No. 5) se muestran los datos promedio de disponibilidad tanto pre pastoreo como post pastoreo obtenidos a través del método Doble muestreo para cada manejo durante el periodo de investigación.

Tabla 5

Datos de disponible pre-post pastoreo obtenidos con el Doble Muestreo

	Manejos			Significancia
	A	B	EE	
Disponible pre pastoreo (kg MS/ha)	2721	2740	32,4	NS
Disponible post pastoreo (kg MS/ha)	1300	1527	11,9	*

Nota. Significancia: NS = $p > 0,05$; * = $p < 0,05$; EE: Error Estándar.

Se puede ver en la tabla No. 5 que solamente la disponibilidad de forraje post pastoreo presento diferencias estadísticas entre manejos, no evidenciando diferencias significativas entre manejos en la disponibilidad pre pastoreo.

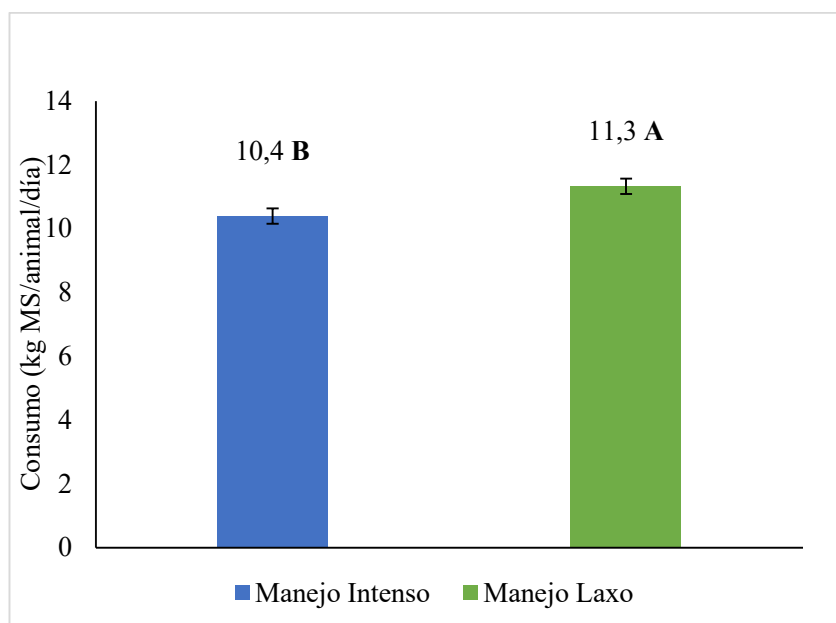
4.2. COMPARACIÓN ENTRE MANEJOS

4.2.1. Consumo directo de forraje según manejo del pastoreo

Para saber si hay diferencias en el consumo directo individual de forraje entre manejos del pastoreo, se presenta la figura No. 7 en la cual se puede observar que hubo efecto del manejo del pastoreo ($p=0,0065$), y en dicha figura se representan las medias de dicha variable en kg MS, analizado como el promedio de los tres métodos de estimación, a lo largo de todo el periodo del experimento.

Figura 7

Consumo individual promedio de los métodos de estimación, según manejos



Nota. Letras distintas indican diferencias significativas entre medias según test de Tukey para $p<0,05$. Barras corresponden al Error Estándar.

A lo largo de todo el periodo experimental, y considerando conjuntamente los tres métodos de estimación utilizados, los animales pertenecientes al manejo de

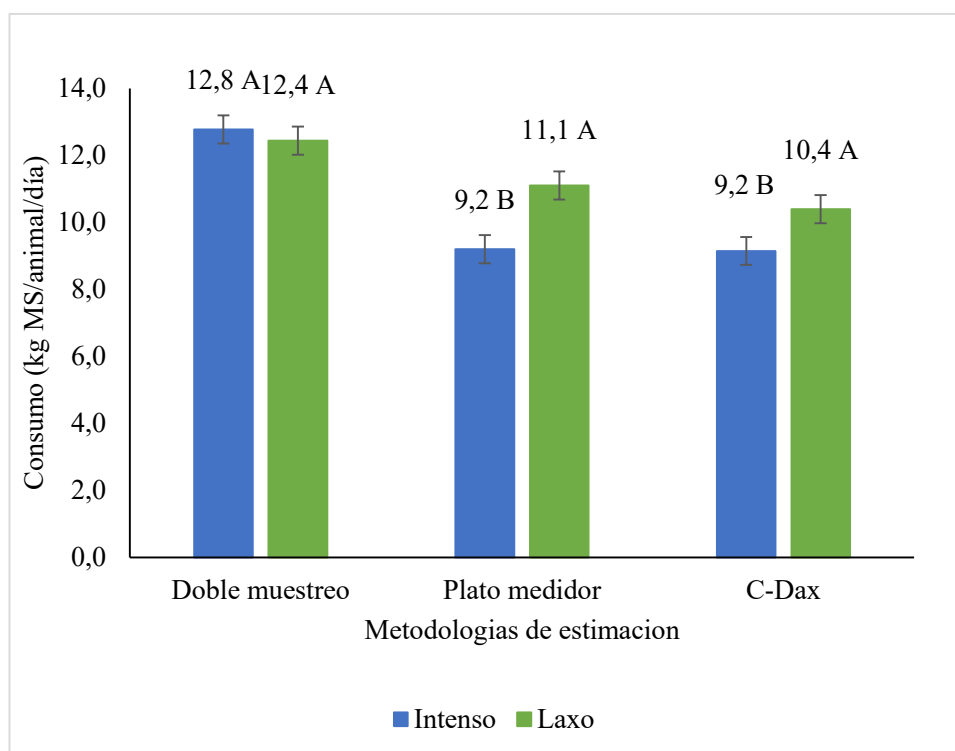
pastoreo laxo (B) presentaron en promedio un consumo individual significativamente mayor que el manejo de pastoreo intenso (A).

4.2.2. Comparación del consumo directo de forraje entre manejos del pastoreo determinado con cada método de estimación

Como tendencia general los resultados muestran que en promedio hay un mayor consumo directo de forraje por animal en el manejo de pastoreo laxo (B), y para ver si esta tendencia se mantiene, se procedió a analizar dichos resultados obtenidos, entre manejos del pastoreo con cada método de estimación por separado y las medias del consumo para cada método se pueden ver en la figura No. 8.

Figura 8

Consumo de kg MS individual, para cada manejo, para cada método de estimación



Nota. Letras distintas indican diferencias significativas entre medias según test de Tukey para $p < 0,05$. Barras corresponden al Error Estándar.

En la figura No. 8 se puede ver que para el caso del método de Doble muestreo no hubo diferencias significativas entre manejos, sin embargo, los datos de consumo obtenidos con el Plato medidor, al igual que con el C-Dax, indican diferencias estadísticas entre manejos de la intensidad de pastoreo, habiendo un consumo significativamente mayor en el manejo (B) para ambos métodos, coincidiendo con la tendencia general demostrada en la figura No. 7.

4.3. COMPARACIÓN ENTRE MÉTODOS DE ESTIMACIÓN

4.3.1. Comparación de los métodos de estimación en cuanto a consumo directo de forraje dentro de cada manejo

Al analizar los datos de consumo diario de forraje por animal dentro de cada manejo, según cada método de estimación, se encontró que hay efecto del método de estimación tanto para el manejo A como para el manejo B ($p=0,0244$).

En la tabla No. 6 se muestran las medias de los datos de consumo diario de forraje individual para cada manejo, obtenidos con cada método de estimación, durante todo el periodo de investigación.

Tabla 6

Medias del consumo individual de forraje (kg MS/VO/día), según métodos utilizados, dentro de cada manejo

Métodos	Manejos		
	Intenso (A)	Laxo (B)	EE
Doble muestreo	12,79 a	12,45 a	0,42
Plato medidor	9,24 b	11,09 a b	0,42
C-Dax	9,17 b	10,45 b	0,42

Nota. Letras distintas indican diferencias significativas entre medias según el test de Tukey para $p<0,05$; EE: Error Estándar.

En la tabla No. 6 se muestra la diferencia entre métodos dentro de cada manejo del pastoreo en cuanto a consumo directo de forraje, donde se puede

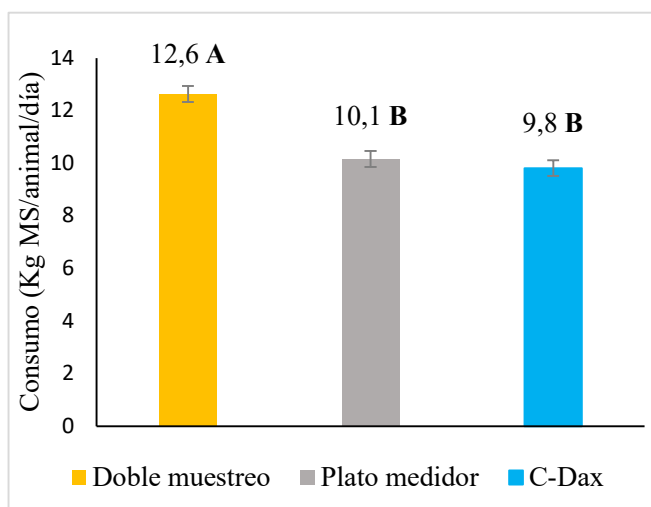
observar que hubo efecto método ($p=0,0244$), para el caso del tratamiento de pastoreo intenso (A) la estimación de consumo lograda con el método de Doble muestreo fue superior a la determinada por el C-Dax y el Plato medidor, siendo igual en promedio para estos dos últimos. En cambio, en el caso del manejo laxo, como se puede ver en la tabla No. 6, la determinación del consumo también fue superior para el método de Doble muestreo, pero fue igual al método del Plato medidor, siendo diferencial solamente con respecto al C-Dax, y de igual forma que en el caso del manejo intenso, los datos obtenidos con los métodos del C-Dax y el Plato medidor también se comportaron de forma similar en promedio para el periodo bajo estudio.

4.3.2. Comparación entre métodos de estimación considerando ambos manejos del pastoreo

Para conocer el efecto solamente de los métodos y saber si estimaron un consumo individual similar o no, se analizaron los datos de consumo considerando ambos manejos del pastoreo en conjunto (promedio de los manejos A y B) para cada método, donde se encontró que hay efecto método ($p=0,0001$), y en la figura No. 9 se exponen las medias de los datos de consumo por animal de dicho análisis.

Figura 9

Consumo promedio de ambos manejos, según método de estimación



Nota. Letras distintas indican diferencias significativas entre medias según test de Tukey para $p<0,05$. Barras corresponden al Error Estándar.

En la figura No. 9 se ve reflejado que los datos de consumo individual de forraje estimados durante todo el periodo del ensayo con el método del Plato medidor y el C-Dax no presentan diferencias estadísticamente significativas en promedio, pero estos si presentan diferencias con respecto al método Doble muestreo.

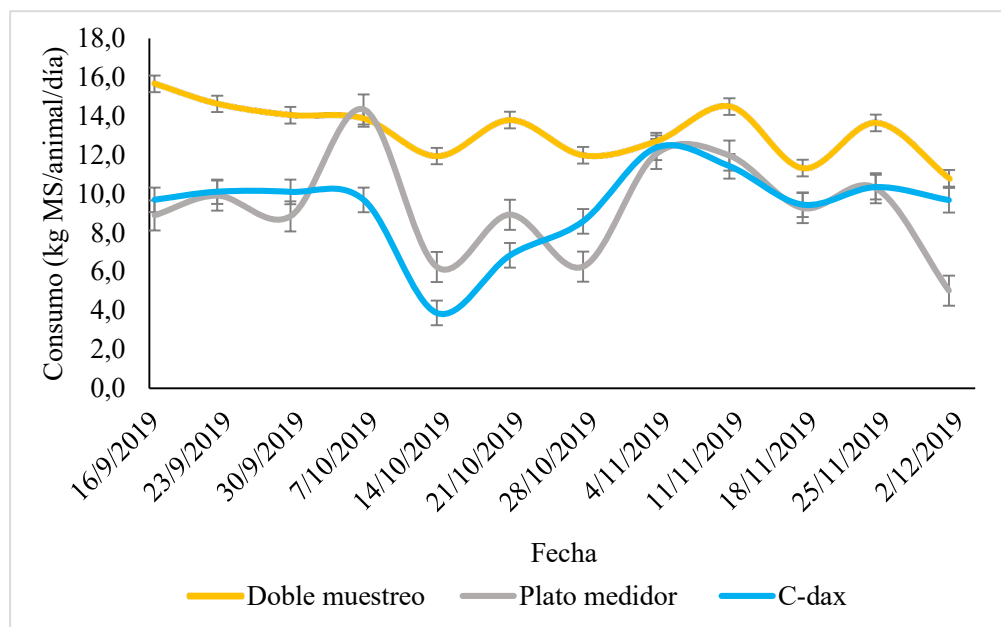
4.3.3. Comportamiento del consumo individual de forraje a lo largo del periodo experimental

Se presentan los datos de consumo directo de forraje por animal, obtenidos con los distintos métodos, en el transcurso de todo el periodo del ensayo.

En las figuras No. 10 y 11 se representa la evolución semanal del consumo directo de MS por animal y por día según los diferentes manejos del pastoreo, estimado por las distintas metodologías de medición utilizadas.

Figura 10

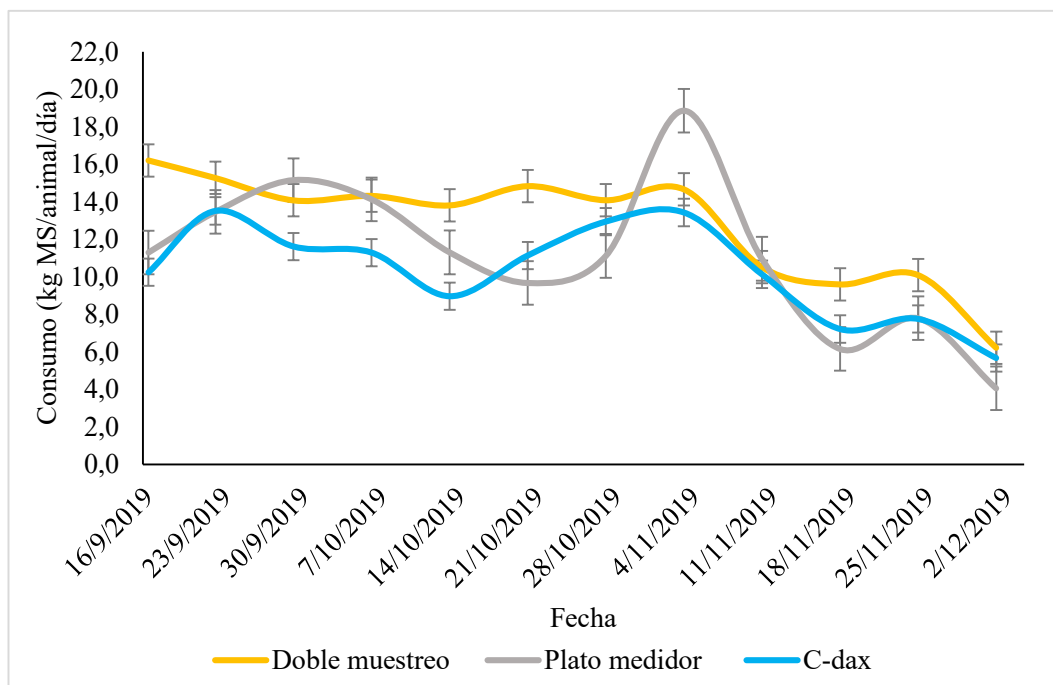
Evolución del consumo de MS/VO/día, para el manejo A para cada método de estimación



Nota. Barras corresponden al Error Estándar.

Figura 11

Evolución del consumo de MS/VO/día, para el manejo B para cada método de estimación



Nota. Barras corresponden al Error Estándar.

En las figuras No. 10 y 11, se puede ver como tendencia general que, en el último tercio del periodo experimental, a partir de mediados de noviembre, el consumo comienza a disminuir.

En cuanto a los datos obtenidos con cada método, se puede observar como el consumo estimado a través del método de Doble muestreo, se mantuvo la mayor parte del tiempo por encima del consumo estimado con el Plato medidor y con el C-Dax, y estos dos últimos si bien se comportaron de manera similar en promedio como se vio en los resultados anteriores, en el transcurso del tiempo tuvieron variaciones en la estimación de la disponibilidad y por ende en el consumo directo de forraje. Además, a lo largo del tiempo, el consumo estimado con el Doble muestreo tuvo menos variaciones con respecto al Plato medidor y al C-Dax.

4.4. PRODUCCIÓN DE LECHE Y COMPOSICIÓN

En el transcurso del periodo experimental, se realizó la medición de la producción diaria y composición de la leche por vaca ordeñe de todos los lotes experimentales. Los valores se midieron cada 15 días y se analizaron en promedio para cada manejo del pastoreo.

Los resultados promedio para cada lote, según manejo del pastoreo durante el periodo setiembre – diciembre se presentan en la tabla No. 7.

Tabla 7

Producción diaria y composición de la leche por vaca en ordeñe

	Manejos			Significancia
	Intenso (A)	Laxo (B)	EE	
Leche (L/VO/día)	20,56	20,29	0,26	NS
Grasa (%)	4,18	4,16	0,05	NS
Proteína (%)	3,67	3,72	0,02	*
Grasa (kg/VO/día)	0,86	0,83	0,01	NS
Proteína (kg/VO/día)	0,75	0,75	0,01	NS
Solidos (kg/VO/día)	1,61	1,58	0,02	NS

Nota. NS = $p > 0,05$; * = $p < 0,05$; EE: Error Estándar.

En la tabla No. 7 se puede ver que los valores de producción y composición de leche no presentan diferencias estadísticas entre manejos, excepto en el dato de porcentaje (%) de proteína, donde los animales pertenecientes al manejo de pastoreo laxo presentaron en promedio un valor significativamente mayor que los animales del manejo intenso.

5. DISCUSIÓN

5.1. CONSUMO DIRECTO DE FORRAJE SEGÚN MANEJO DEL PASTOREO

5.1.1. Disponibilidad de biomasa según situación de forraje residual

La disponibilidad de biomasa (kg MS/ha) al inicio del pastoreo, no se diferenció estadísticamente ($p>0,05$) entre diferentes alturas de remanente en las pasturas para los tres métodos de estimación a lo largo de todo el periodo experimental (tablas No. 3, 4 y 5) coincidiendo con los trabajos de Chico (2007), Mattiauda et al. (2009), Faber (2012), Menegazzi (2020), Oborsky (2021) quienes reportaron a nivel de parcelas controladas, esto se puede relacionar al control que se realizaba en la condición de entrada, dicho control del stock de forraje inicial ayuda a tener un criterio para lograr buenos consumos e intervenir cuando sea necesario para no atentar frente a la producción de la pastura.

El aumento en la intensidad de pastoreo afectó significativamente ($p<0,05$) tal y como se esperaba la biomasa residual post pastoreo entre manejos, para los tres métodos de estimación, tal como reportan Chico (2007), Mattiauda et al. (2009), Faber (2012), Amaral et al. (2013), Fast (2020), en trabajos a nivel de parcelas altamente controladas. Esto puede deberse a que hubo una tasa diferencial de consumo entre manejos, lo que probablemente generó diferencias en la estructura vertical del dosel, en la distribución espacial de la altura y en la densidad de los estratos residuales. Esto determinó que la biomasa disponible post pastoreo del manejo A, sea menor que la del manejo B a nivel de sistema.

5.1.2. Comparación del consumo directo de forraje según manejos del pastoreo

Los resultados de consumo directo de forraje por animal (figura No.7) indican que hubo efecto del manejo del pastoreo ($p=0,0065$). Estos resultados son consistentes con los reportados por Amaral et al. (2013), Menegazzi (2020),

Oborsky (2021) a nivel de parcelas, y estos son atribuidos a las características estructurales de la pastura. De acuerdo con Carvalho et al. (2005), el consumo de forraje se ve influenciado por diversos factores. Estos incluyen la estructura y accesibilidad del pasto, así como su abundancia y calidad. Según Carvalho et al. (1999), la masa de bocado se considera el parámetro más determinante para el consumo, y la estructura del forraje juega un papel fundamental (Carvalho et al. 2001). Para el presente trabajo y los datos que se muestran en la figura No. 7, esta información no fue limitante para asegurar un buen consumo por parte de los animales. Considerando los datos promedio de los tres métodos de estimación, la mayor intensidad de pastoreo en el manejo A, resultó en un menor consumo de forraje por animal durante todo el periodo experimental a nivel de sistema tal y como era esperado (figura No.7). Esto se puede atribuir a que la mayor intensidad de pastoreo provocó un cambio en la estructura de la pastura, resultando en un forraje remanente post pastoreo con menor altura y biomasa. Teniendo en cuenta que según Carvalho et al. (2005) existe una relación lineal y positiva entre la profundidad de bocados y la altura del forraje, si bien no fue determinado en este trabajo, se pudo haber constatado una posible disminución de la masa de bocados debido a una probable limitación en la profundidad de bocados (Carvalho, 1997) provocando que al cabo del periodo de medición haya un menor consumo en el manejo intenso con respecto al manejo laxo. Aunque las diferencias de consumo individual de forraje son estadísticamente significativas entre manejos del pastoreo, no se considera que los consumos hayan sido bajos para ambos manejos en dirección con la producción reportada (tabla No. 7).

Cuando nuevamente se procedió a analizar si los manejos del pastoreo afectaron el consumo individual, pero con la determinación de cada método de estimación por separado (figura No. 8), se puede observar que, en cuanto al método de Doble muestreo, no hubo diferencias entre manejos del pastoreo, esto se puede deber al hecho de que para la ejecución este método se necesita un entrenamiento especializado e incluso así, está influenciado por la subjetividad individual. Quizás, al manejar escalas subjetivas por parte del operario, en donde pasar de un punto a otro de la escala significa muchos kg MS/ha, no se detectaron diferencias en el disponible y por ende en el consumo entre manejos, ya que la diferencias es de unos pocos cm entre los mismos. Luego de la calibración mediante cortes, al momento

de comparar los valores de la escala obtenida con lo observado en la franja, el evaluador debe considerar y combinar aspectos como la densidad, cobertura, contenido de materia seca, relación entre hoja/tallo, proporción de material vivo y muerto, así como la composición botánica (Montossi, 2013). Aun con personal entrenado, pueden darse sobrestimaciones de los efectos de la altura y subestimación de los efectos de la densidad captados visualmente (Fernández, 2004). Además, se trata de un método que no capta y utiliza la altura del forraje para determinar la disponibilidad, por lo cual, si la diferencia de altura es de unos pocos cm entre manejos, quizás no es detectada por este método, pero si es captada por el C-Dax y el Plato medidor, pudiendo tener como consecuencia diferentes resultados como se muestra en la figura No. 8. Debido posiblemente a esto, en este análisis, las observaciones de la disponibilidad pre y post pastoreo del Doble Muestreo, en promedio, no lograron detectar diferencias en el consumo directo entre manejos del pastoreo. Con respecto al consumo estimado con los dos métodos restantes, los datos indican que tanto para el C-Dax como para el Plato medidor, el consumo directo de forraje fue diferente entre manejos del pastoreo. En este caso se trata de métodos más objetivos con respecto al Doble muestreo y hay que tener en cuenta que en el C-Dax el error del operador es bajo y se espera que haya poca variación entre operadores, siendo el muestreo de un área representativa y la velocidad de conducción las únicas influencias del operador (Rennie et al., 2009). Por otra parte, también hay una reducción en la variación entre operarios en la utilización del Plato medidor, el cual registra valores de altura tomando en cuenta su densidad con una determinación rápida y objetiva (Waller, 2020). Estos dos métodos indirectos lograron captar diferencias en el consumo individual entre manejos del pastoreo, con un consumo mayor para el tratamiento laxo.

5.2. COMPORTAMIENTO DE LOS MÉTODOS EN LA ESTIMACIÓN DE CONSUMO

Los datos de estimación de consumo directo considerando la diferencia entre métodos dentro de cada manejo del pastoreo que se muestran en la tabla No. 6 indican que fueron afectados por el método de estimación empleado ($p=0,0244$). Y cuando se observa en la figura No. 9 la diferencia de los métodos en cuanto a

consumo considerando ambos manejos del pastoreo juntos, también hubo efecto método ($p=0,0001$).

5.2.1. Comportamiento del consumo directo de forraje a lo largo del periodo de evaluación

En las figuras No. 10 y 11, se puede observar que en general, en el último tercio del periodo en estudio, el consumo directo de MS comienza a descender a partir de mediados de noviembre. Esto puede atribuirse a que el crecimiento de forraje lograba cubrir cada vez menos los requerimientos de los animales, debido posiblemente a la situación de déficit hídrico que estaba presente en ese momento, y para no atentar contra el crecimiento de forraje del sistema, se designaba que las vacas pasen a pastorear a un turo por día (Fariña et al., 2017).

Las figuras No. 10 y 11 muestran que el consumo estimado con el Doble muestreo, presento menores variaciones a lo largo del tiempo con respecto al Plato medidor y al C-Dax, esto se puede deber a que el Doble muestreo es un método más subjetivo que los dos restantes, en donde diferencias de unos pocos cm entre manejos de la pastura no serían captadas por este método, sin embargo, el Plato medidor y el C-Dax se comportaron de manera más variable a lo largo del periodo con respecto al doble muestreo y a su vez, si bien en promedio se comportaron de forma similar en cuanto a la estimación de consumo, a lo largo del tiempo tuvieron variaciones entre sí como se puede observar en las figuras No. 10 y 11. Esto se puede deber a que al ser métodos más objetivos que el Doble muestreo, si lograrían captar diferencias en el disponible y por ende en el consumo estimado, cuando la diferencia entre manejos es de unos pocos cm, obteniendo lecturas más variables a lo largo del periodo del trabajo.

Las diferencias observadas en cuanto a consumo directo de forraje son más acentuadas en la situación correspondiente al manejo A como se puede observar en la figura No. 10, donde en general, el aumento de la intensidad de pastoreo, posiblemente provocó una modificación en la estructura vertical del dosel y en la distribución espacial de la altura, generando una menor biomasa remanente post pastoreo con respecto al manejo B y a su vez dando origen a una condición más

homogénea de la pastura, esto quizás tuvo un efecto sobre la determinación de las diferencias entre el forraje disponible pre y post pastoreo entre métodos, haciendo que la estimación del consumo directo realizada por el Doble muestreo, se mantenga durante buena parte del trabajo, por encima del C-Dax y el Plato medidor. Por otro lado, en el caso del manejo B, la menor intensidad de pastoreo, que permite una mayor selectividad por parte de los animales, y la mayor biomasa remanente lograda post pastoreo con respecto al manejo A, posiblemente generó como consecuencia, condiciones más heterogéneas de la pastura, obteniendo diferencias menos marcadas (figura No. 11) en la determinación de biomasa disponible y por ende en el cálculo de consumo directo de forraje entre los tres métodos en el transcurso del tiempo.

5.2.2. Comportamiento general de los métodos en el periodo bajo estudio

En términos generales, según Waller (2020), el método de Doble muestreo permite obtener resultados representativos a nivel de potrero; sin embargo, una de las principales desventajas cuando se realiza la parte de estimación visual, es que las referencias de evaluación son subjetivas (Cangiano & Brizuela, 2011). Considerando el hecho de que el estudio se llevó a cabo en primavera, estación en la cual las especies que componen los recursos forrajeros presentan alta tasa de crecimiento, en donde hay un alargamiento de los entrenudos de los tallos, haciendo que se modifique la estructura y por ende la relación hoja/tallo de las plantas, así como también una lignificación de los tallos, y teniendo en cuenta las características, y el funcionamiento de cada método; si bien se manejaba el stock forrajero de modo que si las pasturas pasaban a estado reproductivo, pasaban a utilizarse como reservas, las altas tasas de crecimiento de las pasturas en algunas mediciones puntuales podrían haber afectado las determinaciones en este escenario.

Según señala Millapán (2014), en un trabajo a nivel de potreros, la estimación realizada de la biomasa observada en el método Doble muestreo, puede ser alterada debido a los cambios fenológicos en las diversas especies de la pastura, que afectan la proporción de material verde y senescente. Los resultados obtenidos en el estudio de Millapán (2014) sugieren que, los observadores tienden a estimar

visualmente la biomasa verde en lugar de la biomasa total. Es relevante destacar que la altura de las hojas extendidas considera la biomasa verde, mientras que las estimaciones de altura comprimida realizadas con el Plato medidor incluyen tanto la biomasa verde como la biomasa muerta. Además, según Waller (2020) se debe considerar que las determinaciones de altura comprimida efectuadas con el Plato medidor pueden verse afectadas debido al cambio de estructura y a la lignificación de los tallos que presentan los forrajes en estadios fenológicos avanzados, lo que quizás este justificando las diferencias obtenidas en el consumo estimado con respecto al Doble muestreo.

Con respecto al C-Dax, en el transcurso del estudio, más entrada la primavera, en ciertas ocasiones puntuales las mediciones se realizaron en situaciones de plantas alargando sus entrenudos resultando en una estructura alta, consecuencia de la inducción floral que ocurre en esa estación para los recursos forrajeros utilizados. Posiblemente esto provocó que, en algún momento, al realizar las mediciones, una proporción de la parte superior de las plantas, sobrepase el sensor en forma de arco que conforma el C-Dax, mencionado en la sección 2.4.2.6, esto quizás hizo que cuando la herramienta pasaba por encima del forraje, lo volcaba, pudiendo darse una saturación del sensor lumínico y por lo tanto una subestimación de la altura del forraje disponible, y por ende una subestimación del consumo con respecto al Doble muestreo. En cambio, con el Doble muestreo, las determinaciones se realizaban tomando en cuenta toda la planta, y posiblemente se obtuvieron datos de mayor altura estimada visualmente, por lo tanto, mayor valor de escala asignado, y como consecuencia, una estimación mayor de biomasa disponible, lo que condujo a obtener al cabo del ensayo, un cálculo del consumo directo estimado mayor con respecto al C-Dax.

Los métodos de estimación C-Dax y Plato medidor tuvieron un comportamiento similar en promedio para las condiciones en las que se realizó el trabajo, como se pudo observar en la tabla No.6 y en la figura No.9, en cuanto a estimación de la biomasa presente y por ende en el cálculo de consumo directo. Esto coincide con lo reportado por Rennie et al. (2009) y King et al. (2010), en trabajos realizados a nivel de sistema, que si bien no estimaron consumo, encontraron similares estimaciones de biomasa al comparar ambos métodos, por lo tanto, esto pudo explicar la estimación similar del forraje disponible y por ende en

el cálculo de consumo que se obtuvo en promedio en este trabajo con estos dos métodos, y también va en línea a lo encontrado por Schori (2015) en un estudio a nivel de potreros, obteniendo resultados de estimación de biomasa similares al momento de comparar estos dos métodos indirectos.

Cabe remarcar la importancia de conocer cómo se comportan los métodos entre sí, ya que siempre la altura puede estar siendo subestimada, pero eso no significaría que el método sea ineficaz.

5.2.3. Toma de medidas

La determinación de la altura y por ende de la biomasa de cada franja realizada con el Plato medidor, era resultado del promedio de 30 muestras o bajadas verticales del plato en el área de muestreo, mientras que las observaciones del Doble muestreo se realizaban recorriendo la transecta de la franja, y a cada diez metros se registraba el valor de escala observado. La determinación realizada con el C-Dax, corresponde a la toma de mediciones sucesivas durante el recorrido del área de muestreo.

5.2.4. Superficie de medición

La superficie de la muestra que registra el Plato medidor corresponde al área debajo del disco que es de 0.10 m^2 , mientras que, para el caso del Doble muestreo, luego de realizar la calibración mediante cortes mencionada en la sección 2.4.2.3., se realiza una extrapolación visual de más área para realizar los registros, donde entra a intervenir la subjetividad de cada operario. Con respecto al C-Dax, la superficie de medición es de 30 cm de ancho, que se corresponde a la distancia del arco que compone el instrumento, manteniéndose dicha distancia constante durante el recorrido del área de muestreo.

Por lo tanto, este aspecto también podría estar contribuyendo a las diferencias detectadas entre los métodos.

5.2.5. Comportamiento con respecto a las condiciones del campo

En cuanto a las condiciones del campo, puede haber factores como por ejemplo parches de bosta, malezas o rocas que pueden estar afectando las mediciones de los métodos de estimación. Como ejemplo, el Plato medidor no se pasa por encima de los parches de bosta, ni de malezas o rocas. Quizás, estos elementos también sean discriminados en el caso del Doble muestreo, en cambio, el C-Dax no discrimina entre parches de bosta, malezas o rocas, y talvez pueden ser detectados por este método. Este aspecto quizás contribuyó a las diferencias detectadas entre métodos como lo sugieren los datos de la tabla No. 6 y la figura No. 9.

5.2.6. Calibración

Cabe destacar el hecho de que la calibración del método de Doble muestreo, era efectuada quincenalmente para cada recurso, mientras que la ecuación de calibración del Plato medidor fue la misma durante todo el ensayo, que, si bien fue calibrada localmente, esta se utilizó para todos los recursos forrajeros por igual, teniendo en cuenta que trabajos como el realizado por Schori (2015) recomienda realizar la calibración del Plato medidor para cada recurso forrajero utilizado.

En cuanto a la ecuación de calibración utilizada para el C-Dax, si bien fue calibrada localmente, la misma se utilizó por igual para todos los recursos forrajeros sin discriminar entre ellos. Este hecho pudo haber afectado en cierta medida las determinaciones como lo reporta Ortega (2019), ya que, debido a los cambios en la estructura de las plantas, sería conveniente la utilización de una ecuación por recurso para obtener mejores determinaciones. En cambio, el trabajo realizado por Waller (2020) menciona que es suficiente con una única ecuación por recurso, no habiendo ventajas de utilizar ecuaciones únicas para cada recurso al momento de utilizar el C-Dax, también en el trabajo de Garrido (2019) se concluye que es factible emplear una sola ecuación para evaluar todos los recursos forrajeros con esta herramienta. Por lo tanto, cabe remarcar que el error del instrumento no

permitiría afirmar la realización de varias ecuaciones, pudiendo ocurrir algo similar en el caso del Palto medidor.

En términos generales, cada método indirecto tiene sus fortalezas y debilidades, así como sus requerimientos y forma de ejecución en cuanto a la estimación de biomasa y por ende del consumo directo como ya fue mencionado en secciones anteriores, por lo tanto, teniendo en cuenta estos aspectos y las diferencias entre métodos, la elección de un método u otro queda sujeta al costo (Ortega et al., 2023), la conveniencia y preferencia personal (L'Huillier & Thomson, 1988).

5.3. PRODUCCIÓN DE LECHE Y COMPOSICIÓN

La producción de leche no presentó diferencias significativas entre manejos del pastoreo ($p > 0,05$) al igual que la composición de la misma, excepto en el porcentaje de proteína ($p < 0,05$). Estos resultados son interesantes tratándose de un trabajo a nivel de sistema, y contrarios a lo reportado por la literatura (Chico, 2007; Fast, 2020; Mattiauda et al., 2009; Menegazzi, 2020; Oborsky, 2021; Soca et al., 2009) en trabajos a nivel de parcelas altamente controladas, donde en general, hay una respuesta productiva a intensidades de defoliación más laxas, logrando mayor producción de leche a mayores alturas de remanente post pastoreo. En el caso de la composición de sólidos, los resultados encontrados van en línea de los reportados por Oborsky (2021) donde no se encontraron diferencias. Estos resultados pueden deberse a que, si bien los animales correspondientes al manejo intenso consumieron menos forraje directo con respecto a los animales del manejo laxo, quizás en el total de la dieta pudieron haber compensado ese menor consumo de la pastura con suplementación, teniendo en cuenta que en este caso se buscaba los efectos de adición, que se pueden lograr en los animales al incluir alimentos concentrados a la dieta base, ya que el principal objetivo del sistema era maximizar el consumo de forraje por hectárea, además cabe destacar que a mediados de noviembre con el comienzo de la caída de la producción de forraje por la situación de déficit hídrico que se había establecido, comenzó a aumentar gradualmente el suministro de alimentos concentrados para los lotes de ambos manejos como se menciona en la sección 3.6, y a partir de diciembre con el comienzo del pastoreo a

un turno de todos los lotes, comienza el suministro de reservas como es el caso del ensilaje de Sorgo.

En términos de lo que sucede en la pastura cuando el pastoreo se realiza a una alta intensidad o a una baja altura, tanto la cantidad de forraje como la proporción de hojas se reducen en el horizonte de pastoreo. Por otro lado, cuando la altura disminuye debido al pastoreo, la densidad de la pastura tiende a aumentar como un mecanismo de adaptación de las plantas al pastoreo (McGilloway et al., 1999). Además, hay que tener en cuenta que, según Oborsky (2021), un manejo de pastoreo más intenso resultará en una menor heterogeneidad en la vegetación, lo cual genera una mala oportunidad para la selección de la dieta por parte de los animales, comprometiendo el consumo a lo largo del pastoreo, lo que se traduce en menores rendimientos y peores condiciones para el animal, lo que no parece haber ocurrido con las intensidades de pastoreo manejadas en el presente trabajo, ya que no se encontraron diferencias en cuanto a producción de leche entre animales de ambos manejos del pastoreo. Cabe resaltar que, en las condiciones registradas en el experimento, el manejo A no establecía restricciones severas para los animales ya que se trataba de 4 cm, que es lo establecido por bibliografía para una gramínea perenne (Carámbula, 2002).

Los resultados obtenidos en el presente estudio podrían estar indicando que, a nivel de sistema, y con las alturas de forraje residual manejadas, condiciones de la pastura y nivel de suplementación administrado, una menor altura de forraje residual post pastoreo (manejo A), si bien resultó en un menor consumo individual de forraje en comparación con mayores alturas de residual (manejo B) no se tradujo en una menor producción de leche por parte de los animales.

6. CONCLUSIONES

Para las condiciones en las que se desarrolló el presente estudio, se concluye que, a nivel de sistema, el manejo B logró un mayor consumo de MS individual que el manejo A, determinado a través de los métodos indirectos C-Dax y Plato medidor, debido a la mayor objetividad de los mismos con respecto al Doble muestreo.

Es posible estimar el consumo de MS de animales en pastoreo en franjas diarias, a través de los métodos indirectos C-Dax y Plato medidor para distintas alturas de forraje residual post pastoreo, con algunas diferencias entre ellos.

El método de Doble muestreo permitiría estimar consumo en pastoreo, pero en comparación al C-Dax y al Plato medidor puede presentar cierta sobrestimación del forraje disponible y por ende en el consumo calculado, cuando la diferencia entre manejos es de unos pocos cm, ya que es un método subjetivo.

Las diferencias entre los métodos, son un insumo para aportar a la toma de decisiones, que contemplen las variables de estado de un sistema pastoril (disponibilidad).

Para el C-Dax y el Plato medidor, se destaca en ambos el hecho de tener una baja influencia del operario brindando cierta seguridad, la adopción de una herramienta u otra va a depender del costo, la conveniencia y preferencia personal frente a las fortalezas y debilidades de cada método.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguerre, M., & Chilibroste, P. (2018). Análisis nutricional y manejo de la alimentación en predios lecheros: ¿Hay oportunidades de mejoras? En C. Matto & R. Delpiazzo (Eds.), *XLVI Jornadas Uruguayas de Buiatría* (pp. 137-147). Centro Médico Veterinario de Paysandú.
- Amaral, M. F., Mezzalira, J. C., Bremm, C., Da Trindade, J. K., Gibb, M. J., Suñe, R. W. M., & Carvalho, P. C. (2013). Sward structure management for a maximum short-term intake rate in annual ryegrass. *Grass and Forage Science*, 68(2), 271-277.
- Bisio, A., Larripa, M., Galli, J., & Cangiano, C. (2001). Comparación de metodologías para estimar fitomasa aérea en pasturas cultivadas. *Revista Argentina de Producción Animal*, 21(1), 101-103.
- Bradshaw, A. D. (1965). Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advances in Genetics*, (13), 115-155.
- Cangiano, C. A. (1996). *Métodos de medición de fitomasa aérea*. INTA.
- Cangiano, C. A., & Brizuela, M. (2011). *Cómo evaluar la pastura*. INTA.
- Carámbula, M. (2002). *Pasturas y forrajes: Potenciales y alternativas para producir forraje*. Hemisferio sur.
- Carvalho, P. C. (1997). A estrutura da pastagem e o comportamento ingestivo de ruminantes em pastejo. En C. Jobim., G. Santos., U. Cecato (Eds.), *Simposio sobre Avaliação de pastagens com animais* (pp. 25-52). Universidade Estadual de Maringá.
- Carvalho, P. C., & de Moraes, A. (2005). Comportamento ingestivo de ruminantes: Bases para o manejo sustentável do pasto. En U. Cecato & C. Cabreira (Coord.), *Manejo sustentável em pastagem* (pp. 1-20). Universidade Estadual de Maringá.

- Carvalho, P. C., Moraes, T. C., Nunes, E., & Baumont, R. (2005). A estrutura do pasto como conceito de manejo: Reflexos sobre o consumo e a produtividade. En R. A. Reis, G. Resende, L. Bertipaglia, A. Prates, G. de Melo, & T. Fernandes (Eds.), *Volumosos na produção de ruminantes* (pp. 107-124). Funep.
- Carvalho, P. C., Prache, S., & Damasceno, J. (1999). O processo de pastejo: Desafios da procura e apreensão da forragem pelo herbívoro. En A. M. Penz Junior, L. O. B. Afonso, & G. J. Wassermann (Eds.), *XXXVI Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia* (pp. 253-268). SBZ.
- Carvalho, P. C., Ribeiro, H., Poli, C., de Moraes, A., & Delagarde, R. (2001). Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. En W. R. S. Mattos (Ed.), *XXXVIII Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia* (pp. 853-871). SBZ.
- C-Dax. (2016). *Universal controler: C-Dax xcl smart control: Operation manual*. <https://irp.cdn-website.com/82ad83c0/files/uploaded/2400-6657-4%20XC1%20Smart%20Controller-Assembly%20%20Operation%20SMARTMAPS.pdf>
- Chico, M. C. (2007). *Estrategias de pastoreo y producción de leche de vacas Holando sometidas a cambios en la oferta de forraje en primavera* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Chilibroste, P., Gibb, M., Soca, P., & Mattiauda, D. (2015). Behavioural adaptation of grazing dairy cows to changes in feeding management: Do they follow a predictable pattern? *Animal Production Science*, (55), 328-338.
- Cordova, F. J., Wallace, J. D., & Pieper, R. D. (1978). Forage intake by grazing livestock: A review. *Journal of Range Management*, 31(6), 430-438.
- Davies, A. (1988). The regrowth of grass sward. En M. B. Jones & A. Lazenby (Eds.), *The grass crop: The physiological basis of production* (pp. 85-127). Chapman & Hall. <https://www.cambridge.org/core/journals/experimental-agriculture/article/abs/grass-crop-the-physiological-basis-of-production-edited-by-michael-b-jones-and-alec-lazenby-london-chapman-and-hall-1988-pp-369-4950/7578C18CBB5EC4E5B630E13A9B6863A8>

- Demagnet, F. (2017, marzo). *Métodos de medición*. Praderas y Pasturas. https://www.praderasypasturas.com/rolando/01.-Catedras/01.-Praderas_y_Pasturas/2017/03.-Pastizales_Metodos_de_Medicion.pdf
- Demment, M., & Laca, E. (1993). The grazing ruminant: Models and experimental techniques to relate sward structure and intake. En Department of Animal Science (Ed.), *VII World Conference on Animal Production* (pp. 439-460). University of Alberta.
- Dulau, D. (2007). *Estimación del consumo de bovinos en pastoreo: Comparación de distintos métodos* [Trabajo final de grado]. Universidad Nacional de La Plata.
- Faber, A. C. (2012). *Estructura espacial y selectividad de parches en pasturas de Festuca alta pastoreadas a diferente altura de remanente* [Tesis de maestría]. Universidad de la República.
- Fariña, S. R., & Chilibróste, P. (2019). Opportunities and challenges for the growth of milk production from pasture: The case of farm systems in Uruguay. *Agricultural Systems*, 176, Artículo e102631. <http://www.spluy.com/documentos/articulos/alimentacion/Fari%C3%B1a%20y%20Chilibr%C3%B3ste%202019.pdf>
- Fariña, S. R., Tuñón, G., & Restaino, E. (2017). *Las 3 R: Recorrida, rotación y remanente*. INIA.
- Fast, O. (2020). *Intensidad de defoliación: Producción, comportamiento ingestivo y consumo de vacas lecheras* [Tesis de maestría]. Universidad de la República.
- Fernández, H. (2004). *Estimación de la disponibilidad de pasto*. Sitio Argentino de Producción Animal. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/41-disponibilidad.pdf
- Ferri, C. M., Jouve, V., Stritzler, N. P., & Petrucci, H. J. (1998). Estimation of intake and apparent digestibility of kleingrass from in situ parameters measured in sheep. *Animal Science*, (67), 535-540.

- Galli, J. (1994). *Un modelo de simulación del comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo* [Trabajo final de grado]. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Garrido, J. (2019). *Calibración y comparación de diferentes métodos de estimación de forraje disponible* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Google Maps. (2023a). [CRS, Canelones, Uruguay. Mapa]. Recuperado el 11 de mayo de 2023, de <https://www.google.com/maps/@-34.6080188,-56.2147175,4114m/data=!3m1!1e3?authuser=0&entry=ttu>
- Google Maps. (2023b). [Sitio Experimental en el CRS, Canelones, Uruguay. Mapa]. Recuperado el 11 de mayo de 2023, de <https://www.google.com/maps/@-34.6033754,-56.2160131,1373m/data=!3m1!1e3?authuser=0&entry=ttu>
- Hancock, J. (1952). *Grazing behaviour of identical twins in relation to pasture type, intake and production of dairy cattle* [Contribución]. 6th. International Grassland Congress, Pennsylvania.
- Haydock, K. P., & Shaw, N. H. (1975). The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, (15), 663-670.
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (s.f.). *Tambo en Uruguay*. <http://www.inia.uy/investigaci%C3%B3n-e-innovaci%C3%B3n/programas-nacionales-de-investigaci%C3%B3n/Programa-Nacional-de-Investigaci%C3%B3n-en-Producci%C3%B3n-de-Leche/Antecedentes>
- Instituto Nacional de la Leche. (s.f.). *Uruguay lechero*. <https://www.inale.org/uruguay-lechero/>
- King, W. Mc. G., Rennie, G. M., Dalley, D. E., Dynes, R. A., & Upsdell, M. P. (2010). Pasture mass estimation by the C-Dax pasture meter: Regional calibrations for New Zealand. En G. R. Edwards & R. H. Bryant (Eds.), *Australasian Dairy Science Symposium 2010: Conference Proceedings* (pp. 233-238). Caxton Press.

- L'Huillier, P. J., & Thomson, N. A. (1988). Estimation of herbage mass in ryegrass/white clover dairy pastures. *New Zealand Grassland Association*, (49), 117-122.
- Lemaire, G., & Agnusdei, M. (1999). Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. En Universidad Federal de Paraná (Ed.), *Simposio Internacional Grassland Ecophysiology and Ecology* (pp. 165-186).
- Loaiza, P., Pérez, A., Balocchi, O., Casas, F., & Cussen, R. (2012). Estimación de la fitomasa presente en praderas de *Lolium perenne* mediante C-Dax Pasture Meter en el sur de Chile. En F. Ortega Klose (Ed.), *37° Congreso Sociedad Chilena de Producción Animal* (pp. 175-176). SOCHIPA; Universidad de Concepción.
- López, J., & Sosa, O. (2019). *Uso de herramientas alternativas en el monitoreo del forraje* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Lyons, N. (2007). *Calibración de un nuevo método de estimación indirecta de disponibilidad forrajera en pasturas típicas de Australia* [Trabajo final de grado]. Universidad de Buenos Aires.
- Macon, B., Sollenberger, L. E., Moore, J. E., Staples, C. R., Fike, J. H., & Portier, K. M. (2003). Comparación de tres técnicas para estimar el consumo de forraje de vacas lecheras en lactancia en pasturas. *Animal Science*, (81), 2357-2366.
- Matthew, C., Assuero, S. G., Blak, C. K., & Sackville Hamilton, N. R. (2000). Tiller dynamics of grazed swards. En G. Lemaire, J. Hodgson, A. de Moraes, P. C. Carvalho, & C. Nabinger (Eds.), *Grassland ecophysiology and grazing ecology* (pp. 127-150). CABI.
- Mattiauda, D., Chilibroste, P., Bentancur, O., & Soca, P. (2009). Intensidad de pastoreo y utilización de pasturas perennes en sistemas de producción de leche: ¿Qué niveles de producción permite y que problemas contribuye a solucionar? En C. Matto (Ed.), *XXXVII Jornadas Uruguayas de Buiatría* (pp. 96-110). Centro Médico Veterinario de Paysandú.

- McGilloway, D. A., Cushnahan, A., Laidlaw, A. S., Mayne, C. S., & Kilpatrick, D. J. (1999). The relationship between level of swards height reduction in a rotationally grazed swards and short-term intake rates of dairy cows. *Grass and Forage Science*, (54), 116-126.
- Meijs, J. A. C. (1981). *Herbage intake by grazing dairy cows* [Disertación doctoral]. Wageningen University.
- Mendoza, A., Gareli, S., Lattanzi, F., Fariña, S., & Savian, J. (2020). *¿Cómo sacarle más leche al pasto en primavera?* INIA.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/14744/1/SAD795-Jornada-de-Campo-Virtual-Porteras-Abiertas-de-Lecheria.pdf>
- Menegazzi, G. (2020). *Efecto de la altura postpastoreo en el comportamiento ingestivo, consumo de materia seca y producción de leche de vacas Holando* [Tesis de maestría]. Universidad de la República.
- Michell, P. (1982). Value of a rising-plate meter for estimating herbage mass of grazed perennial ryegrass-white clover swards. *Grass Forage Science*, 37(1), 81-87.
- Millapán, L. (2014). *Estimación de biomasa aérea en pasturas templadas de sistemas lecheros pastoriles* [Trabajo final de especialización]. Universidad de Buenos Aires.
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. (s.f.). *Descripción de grupos de Suelos CONEAT*. https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-03/Descripci%C3%B3n%20de%20Grupos%20de%20suelos%20CONEAT_0.pdf
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. (2020). *Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay 1:1.000.000*. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/politicas-y-gestion/carta-reconocimiento-suelos-del-uruguay-escala-11000000>
- Minson, D. J. (1990). *Forage in ruminant nutrition*. Academic Press.
<https://www.sciencedirect.com/book/9780124983106/forage-in-ruminant-nutrition#book-info>

- Moliterno, E. (1997). Estimación visual de la disponibilidad de forraje en pasturas: Principios y usos de método de doble muestreo. *Cangüé*, (9), 32-36.
- Montossi, F. (2013). *Invernada de precisión: Pasturas, calidad de carne, genética, gestión empresarial e impacto ambiental (GIPROCAR II)*. INIA.
- Montossi, F., De Barbieri, I., & Dighiero, A. (2013). *El uso de la altura del forraje: Una herramienta disponible para el manejo eficiente de sistemas pastoriles orientados a la producción ovina*. INIA.
- Oborsky, M. (2021). *Tasa de consumo y producción de leche de vacas lecheras bajo distintas intensidades de defoliación de Festuca en primavera* [Tesis de maestría]. Universidad de la República.
- Observatorio de la Cadena Láctea. (2021, 16 de febrero). *Uruguay: Algunos datos de la lechería 2020*.
<https://www.ocla.org.ar/contents/news/details/18129113-uruguay-algunos-datos-de-la-lecheria-2020>
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2021). *Estadísticas del sector lácteo 2020*. MGAP. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2021-11/Estad%C3%ADsticas%20L%C3%A1cteas%202021vf.pdf>
- Oleggini, G., Gallego, F., & Lecuna, C. (2017). *El pasto en el tambo*. CONAPROLE.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2022). *Perspectivas agrícolas 2022-2031*. FAO.
<https://doi.org/10.1787/820ef1bb-es>
- Ortega, G. (2019). *Aplicación de sistemas de percepción remota para el monitoreo y gestión de recursos forrajeros en sistemas pastoriles de producción* [Tesis de maestría]. Universidad de la República.

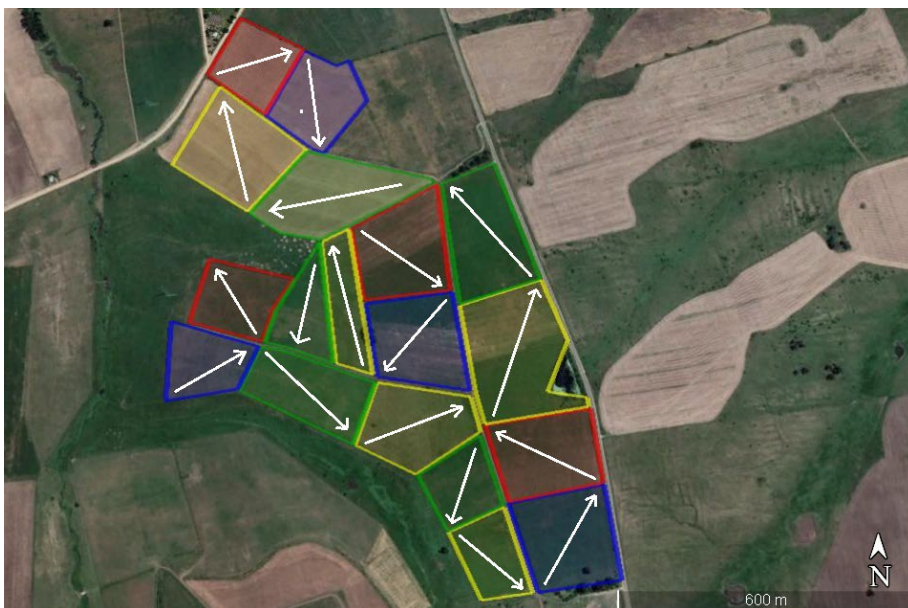
- Ortega, G., Chilibróste, P., Garrido, M., Waller, A., Fariña, R. S., & Lattanzi, F. A. (2023). Monitoring herbage mass and pasture growth rate of large grazing areas: A comparison of the correspondence, cost and reliability of indirect methods. *The Journal of Agricultural Science*, 1-10.
<https://doi.org/10.1017/S0021859623000333>
- Pravia, M. I., Montossi, F., Gutiérrez, D., Ayala, W., Andregnette, B., Invernizzi, G., & Porcile, V. (2013). *Estimación de la disponibilidad de pasturas y forrajes en predios de GIPROCAR II: Ajuste del "Rising plate meter" para las condiciones de Uruguay*. INIA.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7664/1/St-211-2013-p.31-67.pdf>
- Rennie, G., King, W., Puha, M., Dalley, D., Dynes, R., & Upsdell, M. (2009). Calibration of the C-Dax Rapid Pasturemeter and the rising plate meter for kikuyu-based Northland dairy pastures. *New Zealand Grassland Association*, (71), 49-55.
- Sarmento, D. (2003). *Comportamento ingestivo de bovinos em pastos de capim marandu submetidos a regimes de lotação contínua* [Tesis de maestría]. Universidade Federal de São Paulo.
- Schori, F. (2015). Sward surface height estimation with a rising plate meter and the C-Dax Pasture meter: Grassland and forages in high output dairy farming systems. *Grassland Science*, (20), 310-312.
- Silva, S., & Carvalho, P. (2005). Foraging behaviour and intake in the favourable tropics/sub-tropics. En D. A. McGilloway (Ed.), *XX International Grassland Congress: A global resource* (pp. 81-95). University College.
- Soca, P., Faber, A., Do Carmo, M., & Chilibróste, P. (2009). Productividad en pasturas perennes para producción de leche sometidas a cambios en intensidad de pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal*, 29(1), 401-610.
- Ungar, E. D. (1996). Ingestive behaviour. En J. Hodgson & A. W. Illius (Eds.), *The ecology and management of grazing systems* (pp. 185-218). CABI.

- Waller, A. (2020). *Análisis de metodología para el monitoreo de pasturas en predios comerciales* [Tesis de maestría]. Universidad de la República.
- Yule, I. J., Lawrence, H. G., & Murray, R. I. (2010, 18-21 de julio). *Pasture yield measurement with the C-Dax pasture meter* [Contribución]. 10th. International Conference on Precision Agriculture, Denver.
- Zibil, S., Zanoniani, R., Bentancur, O., Ernst, O., & Chilibroste, P. (2016). Control de intensidad de defoliación sobre la producción de forraje estacional y total en sistemas lecheros. *Agro Sur*, 44(2), 45-53.
<http://revistas.uach.cl/pdf/agrosur/v44n2/art06.pdf>

8. ANEXOS**Anexo A****Figura A1***Plato medidor***Figura A2***Pasturómetro C-Dax*

Anexo B

Esquema de transectas



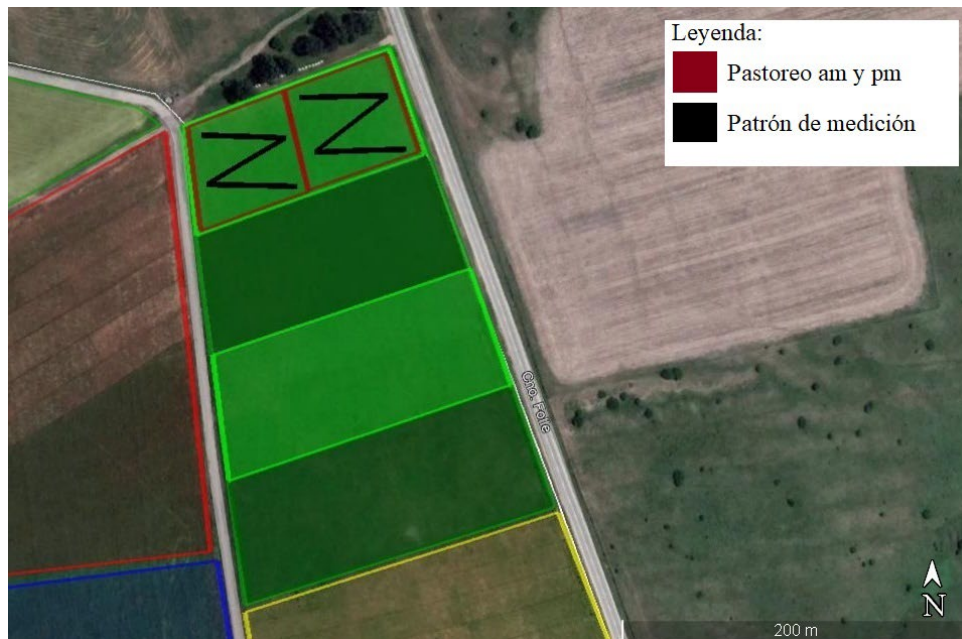
Nota. Elaborado en base a Google Maps (2023).

Bibliografía Anexo B

Google Maps. (2023). [Área experimental del CRS, Canelones, Uruguay. Mapa]. Recuperado el 11 de mayo de 2023, de <https://www.google.com/maps/@-34.6033754,-56.2160131,1373m/data=!3m1!1e3?authuser=0&entry=ttu>

Anexo C

Esquema de medición en la franja



Nota. Elaborado en base a Google Maps (2023).

Bibliografía Anexo C

Google Maps. (2023). [Sitio experimental del CRS, Canelones, Uruguay. Mapa].

Recuperado el 11 de mayo de 2023, de <https://www.google.com/maps/@-34.6033754,-56.2160131,1373m/data=!3m1!1e3?authuser=0&entry=ttu>