

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN PRODUCTIVA DE SISTEMAS PASTORILES DE PRODUCCIÓN
DE LECHE EN ESTRATEGIAS DE BAJO COSTO Y ALTA PRODUCTIVIDAD
PARA LA ESTACIÓN DE INVIERNO**

por

María Pía BRIÑÓN GHIONE

Santiago LÓPEZ LANS

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2024

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

Ing Agr Msc Gastón Ortega

Tribunal:

Ing. Agr. Msc. Gastón Ortega

Ing. Agr. PhD. Diego Mattiauda

Ing. Agr. Juan Manuel Garrido

Fecha: 7 de junio de 2024

Estudiantes:

María Pía Briñón Ghione

Santiago López Lans

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres, hermanos, abuelos, tíos y primos, que son un pilar fundamental. Nos incentivaron a estudiar con responsabilidad y siempre apoyaron nuestra vocación.

A nuestros amigos de siempre, que incluso sin entender muchas veces de lo que estábamos hablando, prestaron un oído y acompañaron dándonos siempre para adelante.

A los facu-amigos, por hacernos más llevaderos estos 5 años de carrera, con quienes compartimos horas de estudio, mates, comidas, risas, momentos de crisis, charlas y la vida misma. ¡Gracias por traernos hasta acá!

A Gastón, nuestro tutor, por la paciencia y dedicación en el trabajo de campo, por tener una mirada siempre educativa, confiar en nosotros y ponernos en situación de tomar decisiones.

A todo el equipo del CRS, por la bienvenida, la atención y siempre estar dispuestos a darnos una mano.

Agradecemos a la Facultad de Agronomía, a sus profesores, al equipo de biblioteca, y a todos los que han colaborado con la construcción y desarrollo de esta profesión.

A todos los que de una manera u otra nos apoyaron y acompañaron para llegar hoy hasta acá.

Y por último, a esta dupla, que arrancó sin saber conectar un bebedero, usar un tractor, armar una franja ni de ver cómo estaban las vacas y hoy nos sentimos capaces de manejar un tambo.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS.....	6
RESUMEN.....	8
SUMMARY.....	9
1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Hipótesis.....	10
1.3. Objetivos específicos.....	11
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1. Contexto de la lechería uruguaya en el mundo.....	12
2.2. Los sistemas productivos uruguayos.....	12
2.2.1. Denominación de las áreas según uso en un predio lechero.....	12
2.2.2. Caracterización de los sistemas lecheros uruguayos.....	13
2.2.3. Alimentación de los sistemas productivos.....	14
2.2.4. Rodeo y biotipo animal.....	16
2.3. Intensificación lechera en el Uruguay.....	17
2.4. Pasturas.....	18
2.4.1. Producción potencial de forraje.....	19
2.4.2. Relación planta-animal y cosecha de forraje.....	20
2.4.3. Gestión del pastoreo.....	22
2.5. Métodos para el seguimiento de variables de estado de un sistema pastoril.....	24
2.5.1. C-Dax.....	24
2.5.2. Plato medidor (RPM).....	25
2.6. Antecedentes del efecto de aumentar la carga sobre variables productivas.....	25
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1. Localización y período experimental.....	28
3.2. Caracterización de los recursos naturales.....	28
3.2.1. Suelos.....	28
3.2.2. Caracterización climática.....	29
3.3. Diseño experimental.....	29
3.3.1. Tratamientos.....	29

3.3.2. Rodeo.....	30
3.3.3. Distribución de los tratamientos en el campo.....	30
3.3.4. Recursos forrajeros.....	32
3.3.5. Manejo de la fertilización.....	32
3.3.6. Gestión del pastoreo y toma de decisiones.....	33
3.3.7. Suplementación	34
3.4. Determinaciones realizadas.....	34
3.4.1. Disponibilidad de forraje.....	34
3.4.2. Stock de forraje y tasa de crecimiento diaria.....	35
3.4.3. Consumo aparente de forraje	35
3.4.4. Elaboración de la dieta.....	35
3.4.5. Producción de leche y rutina de ordeño	35
3.4.6. Peso vivo y condición corporal	36
3.5. Análisis estadístico	36
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1. Distribución mensual de la carga	37
4.2. Producción de forraje.....	37
4.3. Stock de forraje.....	40
4.4. Tiempos de ocupación de los lugares de encierro y oportunidades de pastoreo	41
4.5. Pre y post pastoreo: disponibilidad de entrada y remanente.....	43
4.6. Cosecha directa de forraje por hectárea y utilización.....	46
4.7. Alimentación.....	48
4.8. Producción de leche	52
4.9. Estimación de consumo total mediante balance energético.....	54
5. CONCLUSIONES	57
6. BIBLIOGRAFÍA	58

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla No.	Página
Tabla 1 Indicadores productivos para el promedio de tambos y 25% superior ..	16
Tabla 2 Producción mensual de forraje para la rotación utilizada	20
Tabla 3 Distribución espacial de la rotación en el período en estudio	32
Tabla 4 Carga animal en el área de PPVO para los meses del experimento y promedio invernal	37
Tabla 5 TC diaria promedio invernal según tratamientos en la plataforma de pastoreo medidas con C-Dax	38
Tabla 6 Promedio mensual e invernal de disponibilidades de entradas y remanentes para ambos sistemas	45
Tabla 7 Tamaños de franja promedio mensual e invernal y días de ocupación para ambos lotes.....	45
Tabla 8 Eficiencia de cosecha mensual en relación al forraje producido para ambos tratamientos	48
Tabla 9 Consumo de reservas (kg MS/ha PPVO/mes) según tratamientos	49
Tabla 10 Consumo de concentrado (kg MS/ha PPVO/mes) según tratamientos	49
Tabla 11 Consumo total (kg MS/ha PPVO) para ambos tratamientos	49
Tabla 12 Consumo individual promedio invernal (kg MS/VO/d) para ambos lotes.....	52
Tabla 13 Producción individual diaria de leche (kg/VO/d) promedio mensual e invernal para ambos lotes.....	52
Tabla 14 Producción de leche mensual y acumulado invernal por hectárea (kg/ha PPVO) para ambos lotes	53
Tabla 15 Porcentaje de sólidos (grasa y proteína) en leche durante el invierno para ambos lotes	53
Tabla 16 Producción de sólidos grasa y proteína por hectárea (kg/ha PPVO) para ambos lotes	54
Figura No.	Página
Figura 1 Asignación de áreas dentro de un tambo	13
Figura 2 Número de tambos, superficie y producción lechera por año para el período 2006-2007 al 2021-2022	14
Figura 3 Consumo total según el tipo de alimentos del 25% superior y tambos promedio de PPC	15
Figura 4 TC diaria de forraje para la rotación utilizada.....	20

Figura 5 Ubicación del predio.....	28
Figura 6 Serie histórica de precipitaciones 1972-2022, precipitaciones y balance hídrico mensual para el año 2022-2023	29
Figura 7 Croquis del experimento	31
Figura 8 TC diaria según tratamientos en la plataforma de pastoreo medidas semanalmente	37
Figura 9 Producción de forraje por hectárea mensual y acumulado invernal según tratamientos en la PPVO	39
Figura 10 Stock de forraje disponible (kg MS/ha SEPVO) medido con C-Dax y RPM para ambos lotes	40
Figura 11 Proporción de tiempo en pastoreo y encierro para los tratamientos BC y AP.....	41
Figura 12 Días a 0, 1 y 2 turnos de pastoreo por mes según tratamientos.....	41
Figura 13 Disponibilidad de forraje pre pastoreo y remanente post pastoreo para el sistema BC	43
Figura 14 Disponibilidad de forraje pre pastoreo y remanente post pastoreo para el sistema AP.....	44
Figura 15 Producción y cosecha de forraje total mensual y acumulado invernal para el tratamiento BC	46
Figura 16 Producción y cosecha de forraje total mensual y acumulado invernal para el tratamiento AP	47
Figura 17 Consumo individual diario y su composición para el tratamiento BC (kg MS/VO/d)	50
Figura 18 Consumo individual diario y su composición para el tratamiento AP (kg MS/VO/d)	51
Figura 19 Consumo diario individual estimado y requerido, y producción de leche diaria invernales del tratamiento BC	55
Figura 20 Consumo diario individual estimado y requerido, y producción de leche diaria invernales del tratamiento AP	56

RESUMEN

La realidad de los productores lecheros uruguayos es desafiante dado el contexto mundial, con fluctuaciones en los precios de la leche y de los insumos de producción. Este escenario presenta desafíos y oportunidades únicas para cada sistema, destacando la necesidad de explorar nuevas fronteras en el manejo de la carga animal y de estrategias de alimentación para mejorar la competitividad y la sostenibilidad del sector. Por este motivo, el presente experimento enmarcado en un proyecto de la Red Tecnológica de la Cadena Láctea (RTCL), se enfocó en evaluar dos estrategias productivas contrastantes evaluadas a nivel de sistema de producción (farmlets). Una de bajo costo (BC), orientada a una mayor simplicidad operativa con bajos costos de producción, con una carga de 1,8 vacas en ordeño por hectárea de plataforma y la otra llamada alta productividad (AP), que tuvo como objetivo alcanzar una producción de leche por hectárea elevada, con una carga de 3,0 vacas en ordeño por hectárea de plataforma. El trabajo de campo abarcó los meses entre junio y agosto del 2023, y se llevó a cabo en Canelones, Uruguay, en el Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía. Las variables estudiadas para ambos sistemas fueron producción y cosecha de forraje por hectárea, stock de forraje, disponibilidad al momento pre y post pastoreo, tiempos de encierro y oportunidades de pastoreo, estructura de alimentación y producción de leche individual y por hectárea. Las mediciones sobre la pastura se realizaron semanalmente con las herramientas C-Dax y RPM (plato medidor), y los resultados fueron analizados con un Diseño en Bloques Completamente al Azar. Mientras que para las variables tiempos de encierro, alimentación y producción de leche se analizaron mediante un Diseño Completamente al Azar. Los resultados indicaron que en la estación de invierno no hubo diferencias entre los tratamientos para las variables producción y cosecha de forraje por hectárea ni para el stock de forraje, siendo esto explicado por el manejo del pastoreo y de la suplementación. Por otro lado, sí se encontraron diferencias en la estructura de alimentación, los tiempos de encierro y oportunidades de pastoreo, siendo el AP el sistema con mayor necesidad de inclusión de suplementos en la dieta, mayor tiempo de encierro y menores oportunidades de pastoreo. Esto se relaciona directamente con la mayor productividad por hectárea que logró este sistema. Por último, también se encontró diferencias en la productividad individual de leche, donde el sistema BC presentó una mayor producción, lo que no era esperable dado el planteo de cada sistema. Ambos sistemas lograron altas producciones y cosechas de forraje, con altas productividades de leche por hectárea, resultando ser estrategias con resultados promisorios para la producción lechera uruguaya, tanto desde el punto de vista productivo, como también para incorporar estrategias de gestión y alimentación con menor demanda operativa y presión de los RRHH.

Palabras clave: carga animal, estrategias productivas, producción y cosecha de forraje, sistemas pastoriles, producción de leche

SUMMARY

The reality faced by Uruguayan dairy producers is challenging given the global context, marked by fluctuations in milk prices and production inputs. This scenario presents both challenges and unique opportunities for each system, underscoring the need to explore new frontiers in managing livestock and feeding strategies to enhance the competitiveness and sustainability of this sector. For this reason, the current experiment, framed within a project of the Red Tecnológica de la Cadena Láctea (RTCL), aimed to evaluate two contrasting productions assessed at the farm system level (farmlet). One was a low-cost (LC) strategy aimed at greater operational simplicity with low production costs, with a stocking rate of 1.8 milking cows per hectare of platform, and the other, called high productivity (HP), aimed to achieve high milk production per hectare with a stocking rate of 3.0 milking cows per hectare of platform. Fieldwork covered the months between June and August 2023 and was carried out at the Centro Regional Sur, in Canelones, Uruguay. The variables examined for both systems included forage production and harvest per hectare, forage stock, availability at pre- and post-grazing times, confinement times, grazing opportunities, feeding structure, and individual and per hectare milk production. Pasture measurements were taken weekly using the C-Dax and RPM tools, with results analyzed utilizing a Completely Randomized Block Design. Confinement times, feeding, and milk production variables were analyzed using a Completely Random Design. The results indicated that during the winter season, no significant differences were observed between treatments regarding forage production and harvest per hectare or forage stock, which can be explained by grazing and supplementation management. However, distinctions emerged in feeding structure, confinement times, and grazing opportunities, with the AP system exhibiting a greater reliance on diet supplements, lengthier confinement periods, and fewer grazing opportunities. This aligns directly with the higher productivity per hectare achieved by this system. Furthermore, differences were also found in individual milk productivity, where the BC system presented higher production, which was unexpected given the design of each system. Despite these differences, both systems achieved high forage production and harvest, with high milk productivity per hectare, making them promising strategies for Uruguayan dairy production, not only from a production standpoint but also by incorporating management and feeding strategies that require less operational demand and pressure on human resources.

Keywords: stocking rate, production strategies, forage production and harvest, pasture-based, milk production

1. INTRODUCCIÓN

La industria láctea en Uruguay es desde hace décadas un pilar fundamental de su economía. El país destaca en el mercado internacional, dado que exporta más del 70% de la leche que produce (Instituto Nacional de la Leche [INALE], 2024). Sin embargo, enfrenta el desafío de ser tomador de precios en un mercado global fluctuante. La volatilidad de los precios de la leche y de los insumos de producción ha puesto a prueba la sustentabilidad de los sistemas lecheros, que evidencian una disminución en su cantidad a lo largo de los años.

Esta situación ha impulsado a los tambos uruguayos a buscar estrategias para enfrentarse a estas fluctuaciones y garantizar su sostenibilidad en el largo plazo. El proceso de intensificación que ha transitado la lechería de nuestro país en los últimos veinte años, ha evidenciado un menor número de tambos, menor superficie, pero con incrementos en la cantidad de litros remitidos a la industria. Este fenómeno fue sustentado por un aumento de la producción individual y, sobre todo, de la carga animal, acompañado con aumentos de la suplementación, con mejoras en los índices reproductivos.

Una de las características que cabe destacar de la lechería de nuestro país es la gran diversidad en cuanto a recursos, formas de gestión y de estrategias de producción. En ese entendido cada sistema enfrenta desafíos y oportunidades únicas, lo que resalta la necesidad de explorar nuevas fronteras en el manejo de la carga animal, el pastoreo y estrategias de alimentación para mejorar la competitividad y la sostenibilidad del sector.

En el contexto de apuntar a mejorar los resultados productivos y económicos de los tambos, y teniendo en cuenta la fluctuación en los precios tanto de insumos como de producto, disminuir los costos de producción es determinante para asegurar la competitividad del sector. Una de las variables que está relacionada directamente con la competitividad es la proporción de forraje y su participación en la dieta de los animales. Si bien los tambos uruguayos son reconocidos por su base pastoril, se ha evidenciado que la brecha entre el potencial de producción y la cosecha de forraje es muy grande, exponiendo en muchos casos a los sistemas a vicisitudes de precio y clima.

Este trabajo evalúa dos sistemas lecheros que operan bajo distintas cargas -1,8 y 3,0 vacas en ordeño por hectárea de plataforma de pastoreo-, diferentes estrategias de alimentación y complejidad operativa. Estos sistemas representan dos situaciones productivas contrastantes en cuanto a gestión operativa e infraestructura, y presión en los recursos humanos en pos de mejorar la productividad y sostenibilidad en un contexto desafiante. A través de este estudio, se busca no solo entender el impacto de estas estrategias en la producción de leche, sino también recabar información para contribuir a la mejora de los sistemas productivos lecheros en Uruguay.

1.1. Hipótesis

Sistemas con mayor carga animal no serán afectados el total del forraje producido en el área de plataforma de pastoreo, tendrán mayores niveles de productividad, pero sin deferencias en cuanto a la producción por vaca ordeño.

Es posible implementar un sistema de baja complejidad operativa, con una carga animal de 1,8 vacas en ordeño por hectárea de plataforma que no comprometa producción y cosecha de forraje, en comparación con otro sistema de 3,0 vacas en ordeño por hectárea de plataforma, pero con diferencia marcada en cuanto a la estrategia de alimentación tanto por vaca como por hectárea combinando pastoreo directo y suplementación.

1.2. Objetivo general

Comparar dos estrategias de producción contrastantes en cuanto a la carga animal, dedicación operativa y estructura de alimentación, en las variables producción y cosecha de forraje, oportunidades de pastoreo, necesidad de suplementación, producción de leche y sólidos individuales y la productividad para la estación de invierno.

1.3. Objetivos específicos

Cuantificar y caracterizar la tasa de crecimiento y eficiencia de cosecha en un sistema con rotación de 6 años compuesto por 4 años de praderas perennes y 2 años de praderas cortas (PP1-PP2-PP3-PP4-PC1-PC2).

Estimar el consumo aparente de forraje por vaca en ordeño y por hectárea, a partir de métodos indirectos en la pastura.

Evaluar si existen diferencias en la producción de forraje por unidad de superficie entre ambos tratamientos.

Cuantificar las oportunidades de pastoreo, tiempo de ocupación en los lugares de encierro y necesidad de suplementación de cada sistema.

Comparar el efecto de ambas estrategias productivas en la producción de leche y sólidos por vaca y por hectárea.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Contexto de la lechería uruguaya en el mundo

La producción mundial estimada para el año 2023 fue de 761,3 miles de millones de litros de leche de vaca. En el 2022 los principales productores fueron la Unión Europea (20%), India (16%), Estados Unidos (14%), Brasil (5%) y China (5%) (Observatorio de la Cadena Láctea Argentina [OCLA], 2024).

Desde las últimas décadas hasta la actualidad, la producción a nivel mundial ha ido en aumento. En el período 1970-2022, el incremento en la producción fue de 1,4%, mientras que entre el 2000 y el 2022 resultó en un aumento del 2%, lo que muestra la tendencia a un crecimiento más acelerado (OCLA, 2024).

En el año 2022, Uruguay produjo 2,2 miles de millones de litros de leche, de los cuales 1,7 se remitieron a planta (Oficina de Estadísticas Agropecuarias [DIEA], 2023). Siendo Conaprole la principal industria, con el 71% de la leche captada, seguido por Estancias del Lago con el 10% y otros el resto (Barboza, 2022). Según INALE (2024) del total de la leche remitida, el 73% se destinó a la exportación, mientras que el 27% fue para el mercado interno.

Uruguay presenta un perfil claramente exportador, pero con un volumen poco representativo de la producción a nivel mundial, lo que sitúa al país como tomador de precios. Sin embargo, ocupa el quinto lugar a nivel mundial en toneladas de leche exportadas (OCLA, 2024).

Los principales destinos de exportación para el año 2022 fueron Brasil, Argelia, China, Rusia, Cuba y Argentina, que concentraron el 70% de las exportaciones uruguayas. En el caso de China, éste redujo su participación un 43% con respecto al año anterior, aspecto que denota la variabilidad del mercado a la que se enfrenta el país (INALE, 2024).

Otro aspecto no menor, es que Uruguay también depende de los costos de producción internacionales, caracterizados por la alta volatilidad de precios, sobre todo del petróleo, fertilizantes, granos y energía (INALE, 2024).

Si se considera la dependencia del mercado mundial, con precios volátiles y el bajo volumen de leche aportado al mercado internacional, Uruguay debe apuntar a desarrollar estrategias de producción de bajo costo, para poder mantenerse competitivo en un contexto mundial altamente volátil.

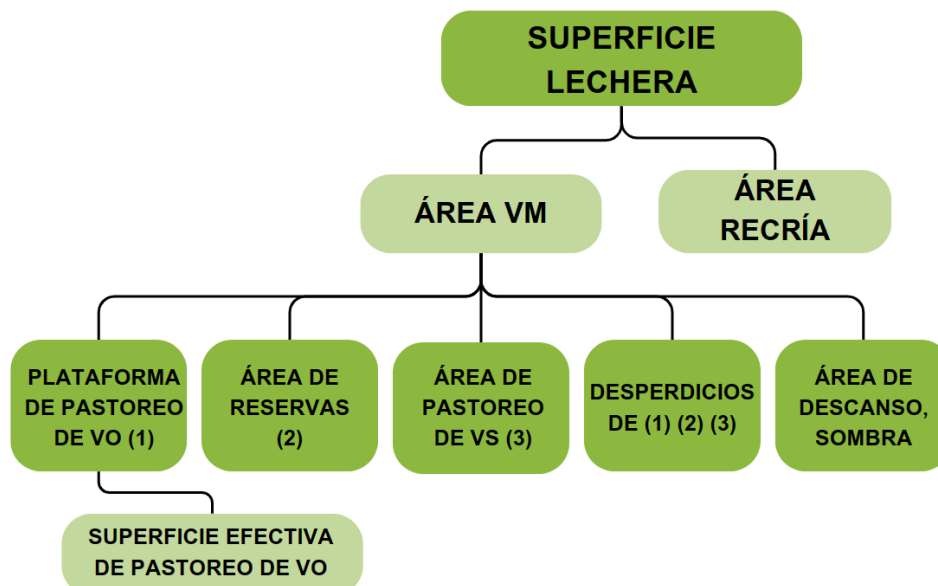
2.2. Los sistemas productivos uruguayos

2.2.1. Denominación de las áreas según uso en un predio lechero

La importancia de la determinación y asignación de las áreas dentro de un sistema lechero, radica en que la mayoría de los indicadores que se utilizan para evaluar y comparar establecimientos se expresan por unidad de superficie. A su vez, permiten evaluar la evolución de cada uno y detectar oportunidades de mejora.

Figura 1

Asignación de áreas dentro de un tambo



Nota. Adaptado de Chilibroste y Battezzore (2019).

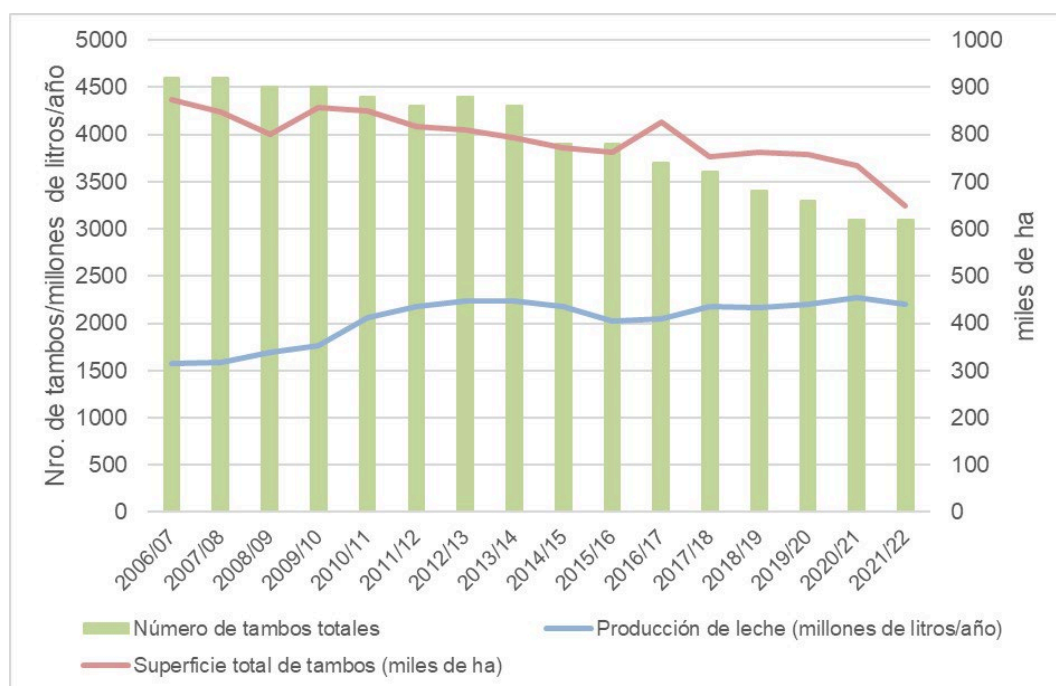
El área de vaca masa (VM) está compuesta por la superficie destinada a pastoreo directo de vacas en ordeño (VO) y la de vacas secas (VS), el área de reservas destinadas a VM, área de desperdicios y áreas de descansos, sombras, caminos, etc. La plataforma de pastoreo de vacas en ordeño (PPVO) es el área potencial de uso para el pastoreo exclusivo de vacas en ordeño. La superficie efectiva de pastoreo de vacas en ordeño (SEPVO) es el área dentro de la PPVO que está disponible para pastorear en un momento dado, dejando por fuera áreas en barbecho o en implantación. La diferencia entre la PPVO y la SEPVO puede ser un indicador de la eficiencia de la rotación y de la estabilidad de producción de forraje del sistema (Chilibroste & Battezzore, 2019).

2.2.2. Caracterización de los sistemas lecheros uruguayos

En el año 2022 se registraron 3094 establecimientos lecheros, que ocupan un área de 649 mil hectáreas (DIEA, 2023). Si bien la producción lechera se lleva a cabo en todos los departamentos, se mantiene una notoria concentración en los departamentos de Florida, San José y Colonia, representando un 63% de los establecimientos y un 59% del área (DIEA, 2020).

Figura 2

Número de tambos, superficie y producción lechera por año para el período 2006-2007 al 2021-2022



Nota. Elaborado a partir de datos extraídos de DIEA (2015, 2023).

El número de tambos y la superficie destinada a la producción lechera, han presentado una tendencia a disminuir en los últimos quince años, siendo los tambos de menor escala los más afectados. Sin embargo, la producción de leche denota lo contrario. Esto se explica por el proceso de intensificación y concentración que atraviesa la lechería uruguaya, donde, con menos superficie y menos establecimientos, se producen más litros de leche (DIEA, 2015, 2023).

Los sistemas productivos lecheros uruguayos se caracterizan por su heterogeneidad en cuanto al tamaño de los predios, así como en sus estrategias de producción. Según la base de datos del Proyecto Producción Competitiva -PPC 2023- (G. Ortega, comunicación personal, s.f.), que recaba datos de más de 700 tambos que remiten a Conaprole, el promedio de los mismos maneja cargas de 1,1 VM/haVM, y producciones individuales de 20,2 Lts/VO/día, con productividades de 6805 Lts/haVM/año. Según Fariña y Chilibroste (2019), en comparación a sistemas productivos como los de Estados Unidos, Holanda, Irlanda, Nueva Zelanda, Australia y Argentina, -siendo éstos los mayores competidores en exportación- los sistemas uruguayos se caracterizan por presentar menor carga y una producción individual intermedia, resultando en una productividad por haVM moderada.

2.2.3. Alimentación de los sistemas productivos

Históricamente, la base de la alimentación de los rodeos lecheros uruguayos han sido las pasturas, tanto praderas perennes como verdeos

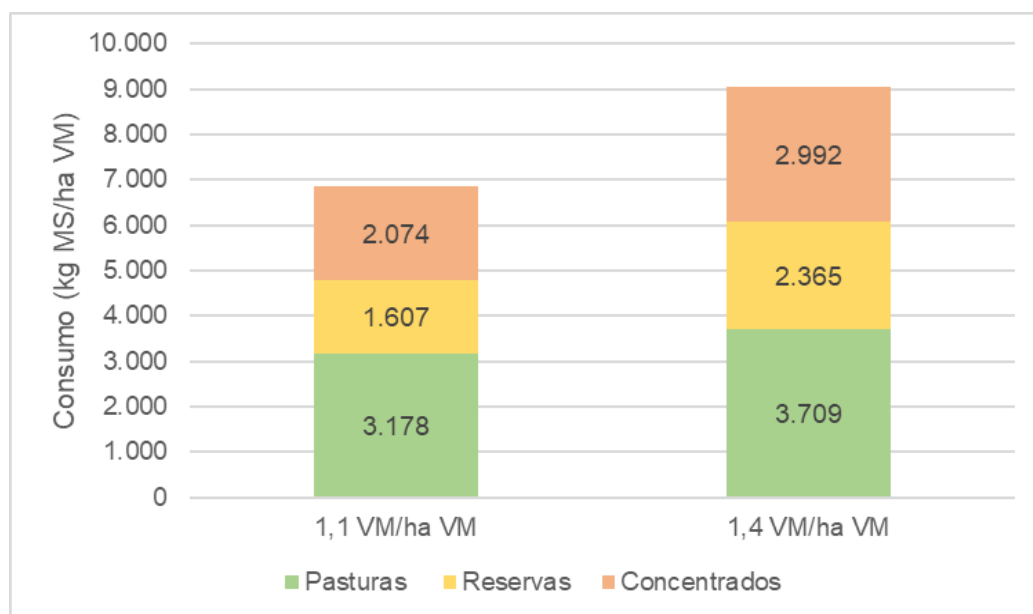
(Chilibroste & Battagazzore, 2014). Cuya producción y utilización tienen un impacto directo en los costos de producción, siendo ésta la fuente de nutrientes más barata (Clark & Kaneganti, 1998). Sumado a esto, aquellos sistemas que logran maximizar la utilización de la pastura, logran mejores resultados productivos y son más rentables (Ramsbottom et al., 2015).

La mayor limitante que presentan estos sistemas, es la variación en la disponibilidad de forraje -en cantidad y calidad- que se da a lo largo del año. Por esta razón, la inclusión de suplementos tanto de reservas forrajeras como concentrados en la dieta ha ido en aumento en el último tiempo (Aguerre et al., 2017). De esta forma, se logra aumentar el consumo de materia seca, la producción de leche por animal, la carga del sistema y con esto la producción de leche por unidad de superficie (Bargo et al., 2003).

En la figura 3, se presenta la estructura de alimentación estimada de los tambos promedio y del 25% con mejores resultados registrados en PPC 2023 (G. Ortega, comunicación personal, s.f.). Estos datos están alineados con la bibliografía anterior, donde la pastura representa el componente principal de la dieta de los tambos promedio, siendo la misma un 46% del total de kg de materia seca (MS) consumidos. El resto de la dieta se compone de 30% de concentrados y 23% de reservas. El grupo de establecimientos que pertenece al 25% superior, maneja una carga animal de 1,4 VM/haVM, siendo mayor a la manejada por los tambos promedio de 1,1 VM/haVM, lo que posibilita un mayor consumo de pastura por unidad de superficie. A su vez, el aumento en la carga les implica un aumento en la suplementación para seguir cubriendo los requerimientos del animal.

Figura 3

Consumo total según el tipo de alimentos del 25% superior y tambos promedio de PPC



Nota. Elaborado a partir de PPC 2023 (G. Ortega, comunicación personal, s.f.).

El margen de alimentación es un indicador que muestra la ganancia que se genera de la diferencia entre el costo de alimentación para producir un litro de leche, y el precio recibido por el mismo. Existe una alta asociación entre el resultado económico en el área de VM y este indicador, lo que lo convalida como indicador a la hora de caracterizar los sistemas de producción (Chilibroste & Battezzore, 2019).

La alimentación es uno de los principales costos, ya que representa al menos el 50% del costo por litro de leche (Chilibroste & Battezzore, 2019; Hazard, 2004). Dicho costo incluye el de implantación y fertilización de las pasturas, el de elaboración o compra de reservas y concentrados, como también del suministro de los mismos. Por otro lado, el precio recibido por litro de leche depende del contenido de sólidos y de la calidad sanitaria, los cuales, a su vez, dependen de cada sistema, y de factores externos como el mercado internacional.

Tabla 1

Indicadores productivos para el promedio de tambos y 25% superior

Indicadores	Promedio	25% Superior
Litros/haVM	6.805	9.648
Precio (U\$S/L)	0,41	0,42
Costo de alimentación (U\$S/L)	0,21	0,2
Margen de alimentación (U\$S/L)	0,2	0,22
Margen de alimentación (U\$S/haVM)	1.520	2.301

Nota. Elaborado a partir de datos de PPC 2023 (G. Ortega, comunicación personal, s.f.).

Si bien no se observan grandes diferencias en el margen de alimentación por litro, el grupo 25% superior logra mejores resultados en U\$S/haVM, ya que produce más litros de leche por unidad de superficie, dada por la mayor carga y la estructura de alimentación asociada presentada en la figura 3. La combinación de carga, con el aumento en la proporción de pastura, combinado con concentrado y suplemento, tienen un efecto positivo en el margen de alimentación.

2.2.4. Rodeo y biotipo animal

Según INALE y OPYPA (2019) el rodeo lechero uruguayo cuenta con 324.900 VO y 119.800 VS, caracterizado por una alta participación de la raza holando americano-canadiense, siendo el 79% del rodeo, seguido por la raza holando neozelandés, con 13%, un 2% de raza jersey, y por último un 5% de cruza.

El biotipo animal influye en la producción potencial de leche. En este sentido, animales con alto potencial genético, tendrán altos requerimientos energéticos, difíciles de conseguir en sistemas pastoriles con baja inclusión de suplementos (Baudracco et al., 2010; Holmes & Roche, 2007).

Existe evidencia que sugiere que, en comparación con el genotipo holando americano-canadiense, la craza jersey-holando, caracterizada por un menor peso vivo, y por lo tanto menores requerimientos de mantenimiento,

presentan una mejor eficiencia de conversión del alimento para la producción de leche, siendo estas más adecuadas para sistemas pastoriles por su mejor adaptación al pastoreo (Coffey et al., 2017).

2.3. Intensificación lechera en el Uruguay

Existen diversos caminos para la intensificación del uso de los recursos, cada uno con distintas combinaciones y niveles de complejidad (La Manna, 2008).

La producción de leche en Uruguay aumentó de 597 millones de litros en 1985 a 2090 millones de litros en 2022. El camino recorrido para lograr este crecimiento se basó en un aumento tanto de la carga, como de la producción individual, así como también por una mejora en la relación VOMM (Fariña & Chilbroste, 2019). Mejoras en el manejo y en la nutrición, principalmente por suplementación con concentrados, además de una mejora en la acumulación genética de los animales, fueron la clave en este proceso (Aguerre et al., 2017).

Si bien Uruguay se ha mantenido competitivo, con bajos costos de producción durante el crecimiento de la lechería a lo largo de las últimas 3 décadas, en los últimos años se ha enfrentado a un contexto internacional desfavorable en cuanto a la volatilidad de los precios, barreras arancelarias, políticas de subsidios de países exportadores, etc. Aún resulta importante seguir analizando las posibles vías de intensificación. En este sentido, Fariña et al. (2011) probaron que los sistemas que aumentan la producción de leche por hectárea a través de un aumento en la carga, son más efectivos que aquellos que incrementan la producción individual, debido a la respuesta y eficiencia de la suplementación. Por otro lado, Fales et al. (1995) reportan que, aquellos sistemas que presentan una carga animal por debajo de su capacidad, tienen el potencial de aumentar la productividad y rentabilidad por hectárea, a través de un aumento de la misma.

Fariña y Chilbroste (2019) reportan que los sistemas lecheros comerciales en Uruguay que logran mejorar su productividad en el período 2013-2017, basan su crecimiento en una mayor carga, lo que permite un aumento del consumo de forraje por hectárea. Debido a la estacionalidad de la productividad de las pasturas y a la mayor carga, estos sistemas aumentaron también el consumo de concentrado por hectárea. A pesar de la compra de estos alimentos, se logra mejorar el margen de alimentación por litro de leche y por hectárea debido a la mejor utilización del forraje producido dentro del predio.

Este estudio se alinea con lo afirmado por Baudracco et al. (2010), donde se plantea un efecto sinérgico entre el aumento de la carga y la inclusión de suplementos. Esto deriva en una mayor utilización de la pastura, moderada producción de leche por vaca, pero alta por hectárea, resultando en una buena rentabilidad económica. La carga y el nivel óptimo de suplementación dependen tanto de la genética animal, como del precio de la leche y el costo de los suplementos.

Custodio (2022) demuestra que, aún en contextos de mayores necesidades de suplementación, un incremento de carga y un manejo adecuado de la alimentación impacta positivamente en el ingreso de los sistemas. Un

aumento de carga a nivel país, implicaría un aumento del tamaño del rodeo nacional, lo cual podría ser limitado por la predominancia de genética holando americana, ya que ésta ha demostrado peores performances reproductivas en el país (Pereira et al., 2010).

Utilizar la vía del aumento de carga en pos de la intensificación, conlleva un mayor tiempo de encierro de los animales (Ortega et al., 2024). Aumentar el tiempo de encierro implica, a su vez, infraestructura adecuada; contar con un ajustado dimensionamiento del espacio por animal y sombra, agua disponible ad libitum y comederos que permitan maximizar la utilización de los alimentos suministrados. También es necesario manejar estos espacios de forma eficiente en cuanto limpieza y mantenimiento para el bienestar animal. No contar con una infraestructura adecuada, puede desembocar en efectos negativos sobre la performance animal, lo que es común en los tambos uruguayos (Méndez et al., 2023). En este sentido, la infraestructura podría ser una limitante de la fase primaria para el aumento de carga en el corto plazo (Aguerre et al., 2018).

Por otro lado, el aumento de carga, debe ser acompañado por buenas producciones de forraje, en pos de no aumentar los costos de producción. En este sentido, se resalta la relevancia de la rotación forrajera, las especies incluidas, los tiempos de barbecho y fechas de siembra; siendo factores fundamentales en la producción de forraje (Durán, 1992). Otra implicancia en el manejo de mayores cargas, es almacenar un buen stock de reservas forrajeras de calidad, con el menor costo posible.

2.4. Pasturas

La producción lechera en Uruguay, tradicionalmente se ha basado en el pastoreo de forrajes templados, ya que presentan una buena adaptación a esta zona, representando una alternativa de bajo costo y alto valor nutritivo, lo que permite sostener niveles de producción moderados. Se trata de praderas mezcla de gramíneas con leguminosas, en rotación con cultivos anuales (Cajarville et al., 2012).

Entre las especies perennes más utilizadas, se encuentran gramíneas como festuca (*Festuca arundinacea*) y dactylis (*Dactylis glomerata*), y leguminosas como alfalfa (*Medicago sativa*), lotus (*Lotus corniculatus*) y trébol blanco (*Trifolium repens*). Estas especies son comúnmente utilizadas en distintas mezclas.

La incorporación de estas especies, permite incrementar la persistencia de las pasturas y la estabilidad de oferta de alimento en las diferentes estaciones (Mattiuda et al., 2009).

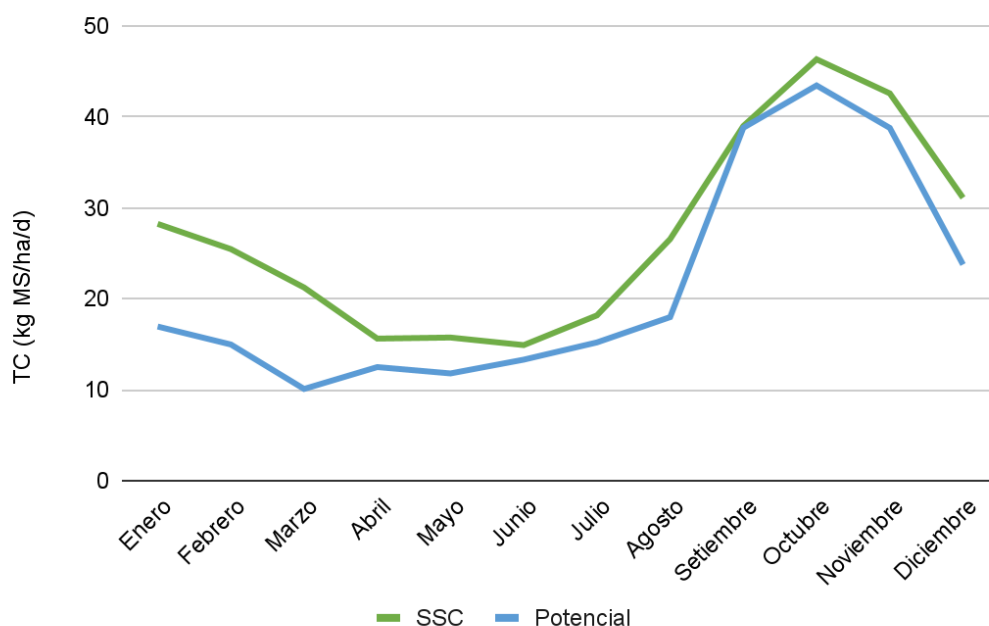
Parte de la base forrajera, se compone también de pasturas perennes de vida corta, que incluye especies como cebadilla (*Bromus catharticus*), achicoria (*Cichorium intybus*) y trébol rojo (*Trifolium pratense*). Otro recurso muy utilizado son los verdes anuales, de verano como el sorgo forrajero (*Sorghum bicolor*) y sudangrass (*Sorghum × drummondii*), y de invierno raigrás (*Lolium multiflorum*) y avena (*Avena sp.*).

La rotación más común en los predios lecheros, consta de tres años de praderas perennes y uno o dos años de verdeos (INALE & OPYPA, 2019). La utilización estructural de pasturas de corta duración, determina que la rotación exponga entre un 40-70% del área en barbecho, provocando una disminución en el área efectiva de pastoreo, reduciendo también la producción y persistencia del forraje e incrementando el costo por unidad de producto asociado a una menor estabilidad del sistema (Chilibroste, 2003, como se cita en Mattiauda et al., 2009).

2.4.1. Producción potencial de forraje

La producción de las pasturas depende de factores inherentes a la especie y al material genético, como también de factores naturales. Entre los mismos, el clima y el suelo son la base del ecosistema, siendo los principales factores que afectan el comportamiento de las pasturas. Con respecto al clima, si bien en Uruguay se registran valores promedio moderados de precipitaciones y temperaturas, presenta una gran variabilidad interanual, con eventos extremos como heladas y sequías, que exponen a la región a situaciones alejadas del promedio, modificando notoriamente el ambiente de las pasturas y afectando su producción. De todas formas, se caracteriza por ser un clima templado, que permite actividades de pastoreo durante todo el año. En relación a los suelos, a pesar de la reducida extensión del país, presentan gran variabilidad, como consecuencia de los distintos materiales geológicos, la topografía y el drenaje. El conjunto de estas características determinará ambientes más o menos favorables para las distintas especies. Existen también factores de manejo que afectan la producción de las pasturas, como fecha de siembra y calidad de la cama de siembra, que afectan la implantación, la gestión del pastoreo que puede afectar desequilibrios entre gramíneas y leguminosas, muerte de plantas y enmalezamiento, determinando poca estabilidad y evolución hacia una estacionalidad marcada (Carámbula, 1991).

En la figura 4 y la tabla 2 se presenta la producción anual de forraje, expresadas como tasa de crecimiento diaria (TC) y acumulación mensual respectivamente, esperadas para la rotación del experimento. Estas estimaciones fueron realizadas a partir de dos fuentes de datos; Leborgne (1984) y R. Zanoniani (comunicación personal, s.f.) -denominada potencial-, y el Seguimiento Satelital de Conaprole -SSC- (G. Ortega, comunicación personal, s.f.), teniendo en cuenta los tamaños de los potreros y las especies sembradas.

Figura 4*TC diaria de forraje para la rotación utilizada*

Nota. Elaborado a partir de datos de Leborgne (1984) y R. Zanoniani (comunicación personal, s.f.) y SSC (G. Ortega, comunicación personal, s.f.)

Tabla 2*Producción mensual de forraje para la rotación utilizada.*

<i>Producción (kg MS/ha)</i>	Junio	Julio	Agosto
SSC	448	564	824
Potencial	400	472	558

Nota. Elaborado a partir de datos de Leborgne (1984) y R. Zanoniani (comunicación personal, s.f.) y del SSC (G. Ortega, comunicación personal, s.f.).

De la figura 4 y la tabla 2, se desprende que se podría esperar una producción de forraje invernal (junio, julio y agosto) de aproximadamente 1429 kg MS/ha PPVO o 1835 kg MS/ha PPVO según Leborgne (1984) y R. Zanoniani (comunicación personal, s.f.) y el SSC (G. Ortega, comunicación personal, s.f.) respectivamente.

2.4.2. Relación planta-animal y cosecha de forraje

El pastoreo es un proceso complejo y dinámico, que relaciona factores como clima, suelo, animal y plantas entre otros. La cantidad y calidad del forraje disponible influye sobre el consumo animal, y a su vez, éste influye en la composición y producción de la pastura. Por lo tanto, las pasturas son tanto causa como consecuencia del pastoreo (Chilibroste et al., 2005). Entender cómo se relacionan es fundamental para lograr una mayor eficiencia en el uso de los

recursos en los sistemas pastoriles, considerando que existe una posibilidad de mejora en el consumo de materia seca en la mayoría de los predios productores de leche (Fariña & Chilbroste, 2019).

El consumo de forraje en pastoreo fue definido por Allden y Whittaker (1970) como el producto del tiempo que los animales dedican a pastorear (horas/día) y la tasa de consumo (gr/hora). Esta última, depende del peso de bocado (gr/bocado) y del número de bocados por hora. El peso de bocado presenta una fuerte dependencia de la altura del forraje disponible (cm) y la densidad de plantas (plantas/m²) (Chilbroste et al., 2005, 2015).

La relación entre la altura de forraje y el peso de bocado, es curvilínea, con aumentos decrecientes en el peso de bocado a medida que aumenta la altura de forraje (Gibb et al., 1996). Ante una disminución de la altura del forraje ofrecido y por ende, del peso de bocado, las vacas aumentan la tasa de bocado y disminuyen la cantidad de movimientos de manipulación y masticación. Sin embargo, esta compensación de parte del animal, puede no ser suficiente, por lo que debe también aumentar el tiempo de pastoreo. De todas formas, si la altura del forraje es muy baja, aumentar el tiempo de pastoreo sería insuficiente para compensar la caída en la tasa de consumo, y, por lo tanto, determinaría una disminución del consumo (Chilbroste et al., 2005, 2015).

Además, existen factores del animal que influyen en la relación entre el peso de bocado y la altura del forraje, como el estado fisiológico y el ayuno. Gibb et al. (1999) demostraron que existen diferencias en consumo entre vacas en lactación y vacas secas. Por otro lado, Chilbroste et al. (2012) trabajando con vacas primíparas en etapa de lactación temprana, encontraron una relación lineal y significativa entre los días en leche (0-60) y el tiempo de pastoreo y tasa de bocado. El factor ayuno y su efecto en el pastoreo, fue estudiado por Patterson et al. (1998), que encontraron que vacas con más tiempo de ayuno (6 a 13 horas) presentaban mayor peso y tasa de bocado y consumo total de materia seca, que vacas con menos ayuno (de 1 a 3 horas).

A partir de la relación planta-animal, y factores asociados al tiempo de acceso a la pastura, horas de ayuno, nivel de suplementación, tamaño de franja, disponibilidad de forraje a la entrada del pastoreo, entre otros, se obtiene como resultado una determinada intensidad de pastoreo. Esta se define como la diferencia entre altura del forraje a la entrada del pastoreo y cambios en la altura del forraje remanente a la salida del mismo (Chilbroste et al., 2008). Existen evidencias de una fuerte relación entre intensidad de pastoreo y la producción de forraje (Chilbroste, 2003 como se cita en Mattiauda et al., 2009) y leche (Dillon et al., 1995; Menegazzi et al. 2021) y la persistencia del recurso forrajero (Cullen et al., 2006).

En un experimento parcelario llevado a cabo por Mattiauda et al. (2009), donde se utilizó una pastura mezcla de festuca, trébol blanco y lotus, en pastoreo por vacas holando, se demuestra que la intensidad de pastoreo tiene un efecto en la producción y utilización del forraje en el mediano plazo. Mayores alturas de remanente son beneficiosas tanto para la producción de la pastura como para la performance animal. A su vez, demuestra que es posible controlar la intensidad

de pastoreo con cambios en el área asignada por animal -cambios en la carga- o por cantidades de concentrado ofrecidas.

En la misma línea, Menegazzi et al. (2021) estudiaron el efecto de distintas alturas remanentes sobre una pastura de festuca en el comportamiento ingestivo, consumo de materia seca y producción de leche individuales, obteniendo resultados similares a los reportados por Mattiauda et al. (2009). Las distintas alturas remanentes fueron logradas a través de distintos tiempos de acceso a la pastura. Como resultado, la estructura y la producción de forraje generada por pastoreos más intensos, con remanentes más bajos (de 6 cm), determinaron un menor consumo de materia seca, y menor producción de sólidos por día. Mientras que los tratamientos de remanentes medios y laxos (9 y 12 cm, respectivamente), determinaron un mayor consumo de materia seca por día, y, a su vez, el laxo, logró incrementar la producción de sólidos, debido a un aumento en la selectividad, resultando en una mayor digestibilidad de la materia seca.

Delaby et al. (2003) concluyen también que mayores asignaciones de forraje, junto con menores intensidades de pastoreo aumentan el consumo de materia seca y producción de leche individuales. Sin embargo, esta estrategia, presenta resultados favorables hasta cierto punto, ya que ofertas de forraje demasiado elevadas, determinan una menor utilización de la pastura, tendiendo a disminuir la calidad del forraje y desemboca en una menor producción de leche por hectárea. Por otro lado, Ganche et al. (2014) afirman que pastoreos intensos con bajos remanentes aumentan la utilización instantánea de la pastura. Sin embargo, sucesivos pastoreos de este tipo, desembocan en una baja producción anual de forraje y menor persistencia de la pastura. De esta manera, los autores remarcan la importancia del compromiso entre la performance animal y la utilización del forraje.

2.4.3. Gestión del pastoreo

En sistemas lecheros, con base de alimentación pastoril, el manejo del pastoreo se torna en un aspecto esencial para la viabilidad del sistema. Chilibruste et al. (2005) constataron problemas estructurales en el manejo del pastoreo, debido a ingresos con bajas alturas y disponibilidades de forraje, con asignaciones limitantes por animal, que determinan un bajo desempeño productivo.

Con el fin de lograr cosechas de forraje lo más eficientes posible, es necesario establecer una estrategia de alimentación del rodeo, y con ello, plantear un sistema de toma de decisiones que permitan implementarse en la práctica, semanal y diariamente, a modo de cumplir con los objetivos planteados (Fariña et al., 2017).

Gestionar el pastoreo implica tomar decisiones sobre: el manejo de la pastura -disponibilidad y altura de ingreso-, sobre el manejo de los animales -elaborar una rutina diaria-, y sobre la alimentación -nivel y tipo de suplementación, elección de potrero y duración de la sesión de pastoreo-, siempre tomando en cuenta la infraestructura y mano de obra disponibles. Un manejo adecuado de la pastura, implica un ingreso al pastoreo con buena disponibilidad, con asignaciones de forraje no limitantes para los animales, para alcanzar una buena eficiencia de

cosecha y altas tasas de consumo animal, sin descuidar las alturas de los remanentes. Es importante tener en cuenta también la distancia a recorrer hasta los potreros a pastorear, así como el clima, ya que estos tienen un efecto en los requerimientos energéticos de los animales (Aguerre et al., 2017).

El tiempo en que se vuelve a pastorear un mismo potrero, dependerá de la tasa de crecimiento de las pasturas, por lo que será necesario aumentar o disminuir el consumo de forraje, para mantener un largo de rotación ajustado, siempre teniendo en cuenta el estado fisiológico de las plantas (Fariña et al., 2017).

Ante una determinada disponibilidad de forraje por hectárea, la asignación de forraje se regula mediante la carga instantánea y el tamaño de franja. La dificultad de la tarea, radica en ajustar la asignación de forraje, para lograr buenos consumos y utilidades eficientes, que no desemboquen en un sobrepastoreo ni en una acumulación de forraje que determine pérdidas de calidad (Chilibroste et al., 2015).

Con respecto a los días de ocupación de franja, Paredes y Rodio (2022) reportan que el uso de franjas de más de un día de ocupación no afecta la producción vegetal ni animal, constituyendo una alternativa de manejo frente a las franjas de ocupación diaria.

El tiempo de acceso a la pastura es otro factor de ajuste del consumo de forraje por animal. Una de las maneras que tienen los sistemas lecheros de controlar el tiempo de acceso a la pastura es mediante los “turnos de pastoreo”, siendo un turno el tiempo transcurrido entre un ordeño y el siguiente. Por lo tanto, para los sistemas que ordeñan dos veces al día, los animales podrán tener dos, uno o cero turnos de pastoreo diarios, dependiendo de la cantidad de pasto que se desee consumir por animal. Los turnos en los que no se pastorea, suelen llamarse de “encierro”, en los que se suele suplementar para cubrir los requerimientos de los animales. Ortega et al. (2024) concluyen que, aquellos sistemas que manejan una carga mayor, ejercen una mayor presión a la pastura, por lo que se limitan las oportunidades de pastoreo y, por ende, implican mayores tiempos de encierro. Los sistemas que manejaron una carga de 1,5 VO/ha presentaron más turnos de pastoreo que los sistemas de 2,0 VO/ha, que pasaron más tiempo en encierro. En promedio, estos sistemas pasaron un 30 y 40% respectivamente sin pastoreo. Esto refleja la importancia de contar con infraestructura adecuada para el encierro y suministro de alimentos, en especial en aquellos sistemas de mayores cargas, que tendrán mayores tiempos de encierro.

Tomando en cuenta todos los factores mencionados, para llevar a cabo un manejo eficiente del pastoreo, será fundamental conocer la disponibilidad de forraje, medirla de manera objetiva y conocer el estado del sistema para luego tomar decisiones ajustadas.

2.5. Métodos para el seguimiento de variables de estado de un sistema pastoril

El control y monitoreo del “stock de forraje” (biomasa disponible promedio por unidad de superficie) y la tasa de crecimiento de la SEPVO hacen viable altas cosechas de forraje directo (Fariña et al., 2017).

Para realizar una correcta presupuestación forrajera, es fundamental contar con métodos de estimación de forraje lo más precisos posibles, ya que cualquier error en la misma, puede aparejar pérdidas productivas y económicas para el sistema (Sanderson et al., 2001). Aunque existe suficiente evidencia de la importancia de la estimación de biomasa disponible para manejar el pastoreo en los establecimientos, en el Uruguay, aún no ha sido adoptada por la totalidad de los sistemas lecheros, siendo muy pocos los que cuentan con un sistema de monitoreo de su base forrajera y toman decisiones a partir de ello.

Existen métodos de medición directos e indirectos. Los primeros presentan mayor precisión y son utilizados como referencia, mientras que los segundos permiten estimar la biomasa a través de otras variables de más fácil medición (Cangiano & Brizuela, 2011; Waller, 2020). La implementación de un método u otro dependerá del costo, del tiempo de ejecución, la precisión y la facilidad de uso de cada uno.

Quizás el método de estimación de biomasa más preciso sea el de recolección a mano o mecánica de forraje en áreas de tamaño conocido, secado y pesado de la materia seca. El problema de este método es el tiempo que implica recolectar todas las muestras, y más aún cuando se trata de superficies extensas y heterogéneas (Catchpole & Wheeler, 1992; Ortega et al., 2023).

Uno de los métodos más utilizados por su simplicidad y practicidad es la estimación visual. Este método es subjetivo, y requiere de cierto entrenamiento para que sea más efectivo. Una estimación inadecuada puede conducir al error, desembocar en malas decisiones de manejo, afectando la persistencia y producción del recurso forrajero, y, por ende, afectando la performance animal (Pravia et al., 2013).

Durante los últimos 70 años se han propuesto y evaluado varios métodos indirectos (no destructivos) para la estimación de biomasa. A continuación, se explicarán los utilizados en el presente trabajo.

2.5.1. C-Dax

Es un método indirecto, no destructivo, que mide altura de forraje para correlacionarla con biomasa disponible en kg de materia seca. Se trata de sensores lumínicos que realizan 200 lecturas de altura por segundo. Las ventajas de este método son la rapidez con la que se obtienen las mediciones, generando una altura promedio, la representatividad espacial que se logra por su alta frecuencia, y que las estimaciones no dependen del medidor, ni demandan un esfuerzo físico del mismo. Si bien fue desarrollado en Nueva Zelanda, puede ser utilizado en condiciones locales con diferentes tipos de pasturas, ya que ha sido calibrado para eso. En las calibraciones realizadas, se encontró un error medio de 468 kg MS/ha (Waller, 2020). Esta herramienta ya ha sido utilizada en plataformas

experimentales a nivel de sistema en Fagro (Ortega et al., 2023) e INIA “Proyecto 10-MIL” (2020), y se podría adaptar para su uso en predios de escala comercial.

2.5.2. Plato medidor (RPM)

Otra herramienta, ampliamente utilizada en Nueva Zelanda, es el Plato medidor o “Rising plate meter” (RPM), el cual mide de forma indirecta la biomasa en el campo. El plato registra valores de altura comprimida, dado que tiene en cuenta valores de altura y densidad. Consiste en un bastón de metal, con un disco chato, móvil, que se mueve sobre el eje central. A su vez cuenta con un contador electrónico, que registra la altura promedio y el número de mediciones realizadas. La ventaja más importante de este método es la practicidad y facilidad para obtener la estimación de forraje disponible in situ, con un menor costo de inversión en comparación al C-Dax. En contraparte, como la herramienta se utiliza a pie, relevar grandes extensiones de área resulta dificultoso.

2.6. Antecedentes del efecto de aumentar la carga sobre variables productivas

En las últimas décadas se han realizado distintos trabajos que buscan evaluar las implicancias de manejar distintas cargas en sistemas de base pastoril. Se busca cuantificar distintas variables productivas asociadas al nivel de carga como la producción y cosecha de forraje, calidad y persistencia de la pastura, producción de leche y sólidos individual y por hectárea, como también las necesidades de suplementación de cada sistema. Cabe destacar que estos trabajos son realizados en distintos países, con distintas condiciones ambientales donde las especies forrajeras se adaptan de manera diferente, influyendo en la producción de forraje. Además, se manejan distintas genéticas animales, con distintos requerimientos, como también distintos manejos de la alimentación con diferentes tipos, cantidades de reservas y concentrados utilizados. A su vez, cada uno de estos experimentos maneja diferentes tamaños de sistema y duración.

Uno de los ejemplos es el de Macdonald et al. (2008), que realizaron un estudio en Nueva Zelanda, con vacas de raza Holstein en sistemas pastoriles a base de raigrás perenne, durante tres años. En el mismo, se manejaron como tratamientos cinco cargas diferentes (2,2, 2,7, 3,1, 3,7 y 4,3 VO/ha) analizando su efecto sobre la producción de pasturas, de leche y reproducción. Entre los resultados, se obtuvo que, la producción y cosecha de forraje por hectárea aumentaron al incrementar la carga. En estas condiciones, la calidad de la pastura también mejoró al aumentar la carga, debido a un incremento en la digestibilidad de la materia orgánica, como resultado de pastoreos más intensos pero acordes a la especie. Esto trae aparejado el enlentecimiento de la velocidad de rotación para los sistemas de mayores cargas, sobre todo para el otoño-invierno. En contraposición, aquellos sistemas que manejaron menores cargas, no lograron realizar cosechas eficientes de pasto, dejando remanentes demasiado altos, lo que resultó en una pérdida de calidad de la pastura y menor producción de forraje anual. La producción individual de leche resultó menor para los sistemas de mayores cargas, debido a una menor duración de la lactancia, menor pico y persistencia de producción, como consecuencia de la menor cantidad de alimento disponible por vaca. Sin embargo, la productividad por hectárea aumentó notoriamente para estos sistemas. Por último, la eficiencia reproductiva no se vio afectada por las diferentes cargas.

Baudracco et al. (2011) en Argentina, con vacas cruza Holstein-jersey, realizaron otros experimentos en sistemas pastoriles con alfalfa, manejando distintos niveles de carga (1,6, 2,1 y 2,6 VO/ha) con distintas asignaciones de pastura y reserva de silo por vaca; disminuyendo al aumentar la carga, pero igual concentrado ofrecido por animal. Como resultado, obtuvieron que, trabajar con mayores cargas no presentó efectos sobre la producción de forraje, ni sobre la calidad, composición botánica o persistencia de la pastura. Al aumentar la carga, se aumentó la eficiencia de cosecha, lo cual compensa la menor asignación de forraje por vaca, determinando apenas una tendencia a la disminución de producción individual de leche, pero un incremento importante en la producción de leche por hectárea.

En otro trabajo realizado por Fariña et al. (2011) en Australia, con vacas Holstein, se probaron distintos sistemas productivos de base pastoril, en cuanto a carga (2,5 y 3,8 VO/ha) y producción individual (6000 y 9000 kg/VO/lactancia) y su combinación. Se plantearon distintos manejos de la alimentación para cada sistema, con distinto peso relativo de la pastura y suplementos para lograr los objetivos productivos. Con el fin de maximizar el aprovechamiento de la pastura, se gestionó el pastoreo de manera de ajustar el consumo de pasto a la tasa de crecimiento, manteniendo un stock objetivo de forraje, respetando disponibilidades de entrada y remanentes. A partir de este experimento, concluyen que la producción y el valor nutritivo de la pastura no varían con la carga cuando se ajusta correctamente la suplementación y se logran adecuadas intensidades de pastoreo. Además, demuestran que la cosecha de forraje por hectárea puede ser la misma, aun manejando distintas cargas, mediante la realización de cosechas mecánicas cuando no se llega a cosechar todo el forraje de manera directa. Tanto el aumento en la carga como en la producción individual, determinaron un aumento en la producción de leche por hectárea.

En un experimento realizado en Irlanda sobre producción lechera pastoril, llevado a cabo por Patton et al. (2016) se plantearon dos sistemas con distintas estrategias productivas. Uno de ellos, manejó una carga de 3,1 VO/ha, designado como predominantemente autosuficiente, ya que el concentrado y reservas compradas no podían superar el 30% de los requerimientos totales de alimentación. Mientras que el otro sistema, manejó una carga de 4,5 VO/ha, apuntando a una mayor productividad por hectárea, sin restricciones en la compra de alimentos. Ambos sistemas se enfocaron en maximizar la producción y cosecha de forraje por hectárea, respetando disponibilidades de entrada y remanentes para la especie utilizada (raigrás perenne). Entre los resultados, obtuvieron que no existieron diferencias en la producción, cosecha y calidad de forraje entre ambos sistemas. Esto implicó apoyo en cosecha mecánica cuando no se alcanzó a consumir todo el forraje mediante cosecha directa. Por otro lado, no se encontraron efectos de las distintas estrategias sobre el peso vivo ni la condición corporal durante la lactancia. La producción individual resultó levemente superior en el sistema de mayor carga, debido a una mayor inclusión de suplementos en la dieta. La producción de leche por unidad de superficie, aumentó notoriamente con la carga.

A nivel local, hubo un experimento con escala de sistema llevado a cabo en INIA LA ESTANZUELA (INIA, 2020), llamado "PROYECTO 10-MIL", que abarcó entre el 2017 y el 2019. Se evaluaron cuatro sistemas que combinan diferentes estructuras de alimentación y genotipo animal. Las dos estrategias de alimentación fueron "manda pasto", donde la asignación de pasto era flexible, definida en función de la tasa de crecimiento de forraje y "manda dieta", con una asignación fija de pasto, que representaba un 30% de la dieta. Los biotipos utilizados fueron "vacas grandes" -holando americanas- o "vacas chicas" -holando con al menos 75% de genética neozelandesa-. Todos los sistemas manejaron cargas altas, entre 2,0 y 2,4 VM/haVM, siendo el doble del promedio nacional. Los objetivos para los cuatro sistemas fueron cosechar al menos 10.000 kg MS/haVM (pastoreo directo y reservas como henolaje de pastura o ensilaje de maíz) y producir al menos 1.000 kg/haVM de sólidos (grasa y proteína). Los resultados indican que fue posible lograr esta cosecha y producción manejando estas cargas y sus distintas estrategias de alimentación.

El antecedente más actual fue presentado por Ortega et al. (2024). Este experimento fue llevado a cabo durante dos años en el Centro Regional Sur, Uruguay con vacas de genética cruza Holstein y jersey. En un sistema pastoril, con una rotación forrajera de cuatro años de pasturas perennes (dactylis y trébol blanco) y un año de verdeos (avena en mezcla con raigrás y sorgo forrajero), se evaluó la combinación de distintas cargas (1,5 y 2,0 VO/ha) con distintas alturas de remanentes (baja y alta). Para el manejo del pastoreo se ajustó el consumo diario con la tasa de crecimiento de las pasturas, manteniendo un stock de forraje acorde a las especies y respetando disponibilidades de entrada y remanentes. Con respecto a la pastura, se concluyó que no existieron diferencias en la producción de forraje entre los tratamientos. Tampoco se encontraron diferencias en la cosecha total de forraje por hectárea, aunque los sistemas de menor carga conllevaron una mayor proporción de forraje cosechado mecánicamente. El consumo de concentrado y reservas por hectárea aumentó con cargas mayores. En cuanto a la producción de leche y sólidos por hectárea, se encontró una interacción entre la carga y la altura residual de forraje para los sistemas de 2,0 VO/ha, siendo mayor la producción de leche y sólidos para el sistema de alto remanente. No se observó esta interacción en los sistemas de carga 1,5 VO/ha. A su vez, la producción de leche por hectárea aumentó con la carga. La producción de leche individual no presentó diferencias entre los tratamientos, pero sí en los sólidos, particularmente en la grasa, siendo mayor en los sistemas de mayor carga.

Como conclusión de estos trabajos y teniendo en cuenta las diferentes implicancias de cada uno, un aumento en la carga animal desemboca en una mayor producción de leche por hectárea. Los resultados de producción individual de leche y producción y cosecha de forraje de sistemas con distinta carga, dependen de los niveles de esa carga, del manejo de la suplementación y del manejo del pastoreo, incluyendo o no cosecha mecánica.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización y período experimental

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental Centro Regional Sur (CRS) de la Facultad de Agronomía - Universidad de la República. La misma se ubica en el Departamento de Canelones, Uruguay, sobre el Camino Folle km 35.500 s/n, en la localidad de Progreso. El período en estudio abarca el invierno de 2023, junio, julio y agosto.

Figura 5

Ubicación del predio



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

3.2. Caracterización de los recursos naturales

3.2.1. Suelos

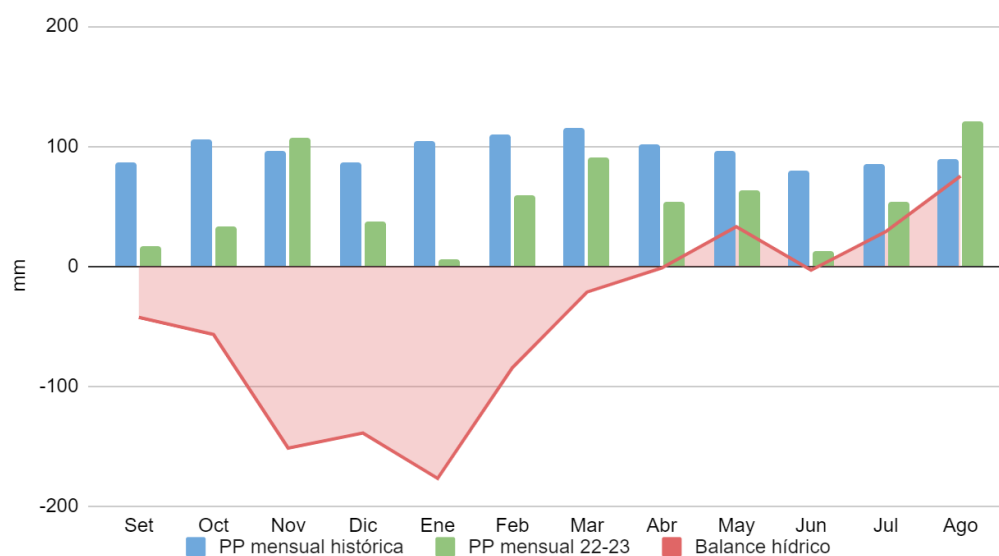
Según la Carta de reconocimiento de Suelos del Uruguay, a escala 1:1.000.000 (Durán, 1976), el CRS se encuentra en la unidad de suelo Tala-Rodríguez (TI-Rd), la cual presenta suelos predominantes del tipo Brunosoles Eutrícos Típicos - Lúvicos. Éstos presentan coloración oscura; pardo-negra-grisácea, textura franco arcillo limosa, alto contenido de materia orgánica y alta fertilidad natural.

3.2.2. Caracterización climática

Para caracterizar el clima durante el período del experimento, se comparan las precipitaciones mensuales registradas en el año 2022-2023 en el CRS, con el promedio histórico desde el año 1972 al 2022, de la estación INIA Las Brujas. Los datos se presentan en la figura 6.

Figura 6

Serie histórica de precipitaciones 1972-2022, precipitaciones y balance hídrico mensual para el año 2022-2023



Nota. Elaborado a partir de datos meteorológicos de INIA (s.f.) y G. Ortega (comunicación personal, s.f.)

La primavera-verano del 2022-2023 se caracterizó por un importante déficit hídrico, con precipitaciones por debajo de la media histórica, resultando en un balance negativo de 670 mm. Esto influyó directa y negativamente en la persistencia de las pasturas, por lo que para el experimento fue necesario, en algún caso, la interseembra con raigrás. En el otoño las precipitaciones se regularizaron, aunque siguieron por debajo de la media histórica, por lo tanto, al inicio del experimento (invierno), el suelo almacenaba poca agua. A su vez en junio las precipitaciones fueron escasas, mientras que en agosto se supera ampliamente la media histórica.

3.3. Diseño experimental

3.3.1. Tratamientos

Se plantearon dos sistemas de producción lechera contrastantes, con distintos enfoques operativos, económicos y productivos.

Por un lado, se determinó un sistema de bajo costo (BC), que apuntó a mayor simplicidad operativa, con menores costos de producción. Trabajó con una

carga de 1,8 vacas en ordeño promedio anual por hectárea de plataforma de pastoreo (VO/ha PPVO). La particularidad de este tratamiento es que la totalidad del forraje consumido debió salir de la plataforma de pastoreo, lo que implicó planificar el cierre de área al final del invierno para la elaboración de las reservas. Por ende, las reservas forrajeras fueron del tipo henolaje. En pos de facilitar las tareas operativas, se propuso que la franja de pastoreo tenga una ocupación de 3 días.

El otro sistema, denominado de alta productividad (AP), buscó alcanzar una mayor productividad por hectárea, a través de una alta carga animal, promedio anual de 3,0 VO/ha PPVO. Este tratamiento implicó una suplementación estructural, ya que, a diferencia del anterior, las reservas forrajeras provinieron de un área de apoyo, externa a la plataforma de pastoreo destinada a cultivo de maíz. En este caso, se trabajó con franjas de pastoreo de ocupación diaria.

3.3.2. Rodeo

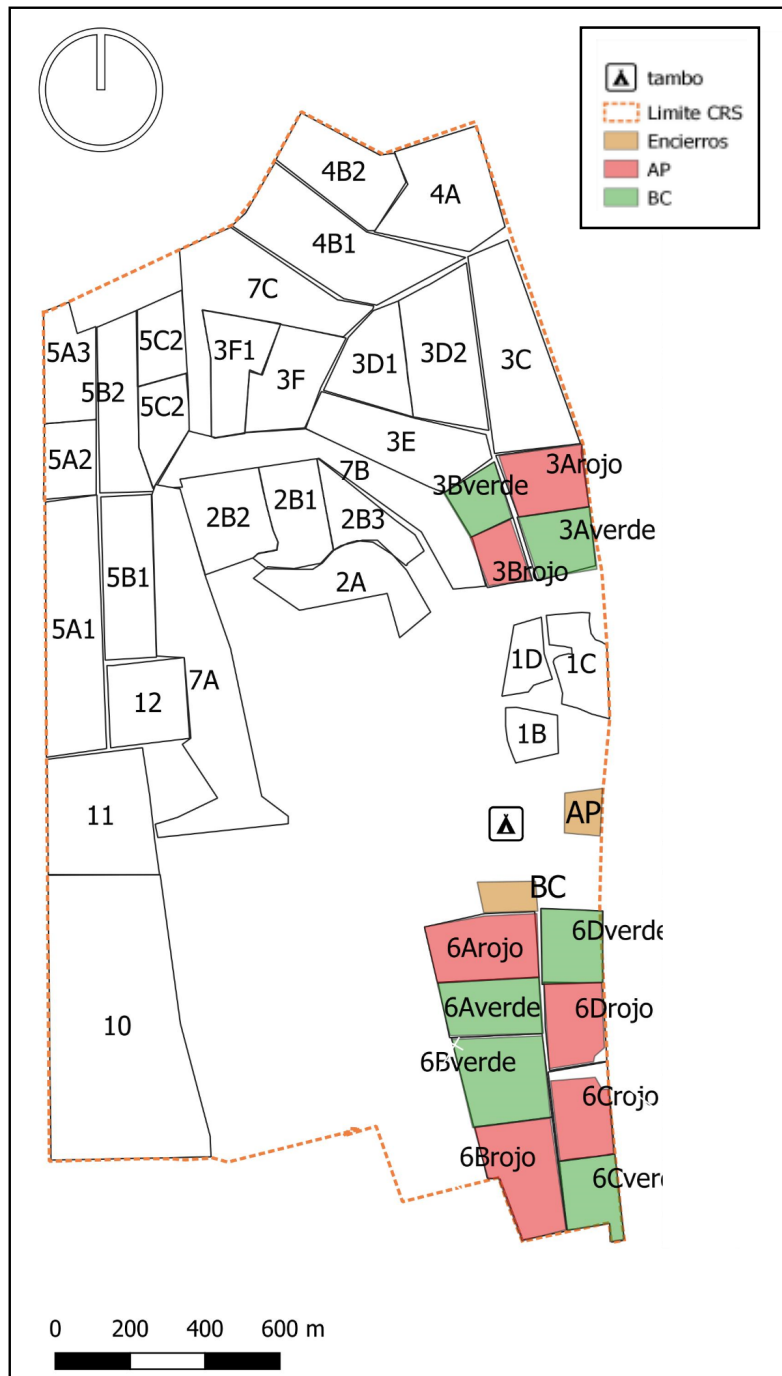
Los animales se eligieron buscando la paridad entre ambos lotes, teniendo en cuenta el número de lactancias, producción de leche a 305 días, peso vivo y biotipo. Una vez asignada, la vaca permaneció en el mismo lote, saliendo en el período de secado y reincorporándose luego del parto al mismo tratamiento. Por esta razón, las cargas de ambos tratamientos variaron a lo largo del año por la distribución de partos (concentrados en otoño), pero el promedio anual es el descrito en los tratamientos (1,8 y 3,0 VO/ha PPVO para BC y AP, respectivamente). Las vacas solo se sustituyeron por refugio ocasionado por problemas reproductivos, patas, o crónicas en enfermedades de ubres. Para la identificación de ambos lotes, se utilizaron collares con colores distintivos, verde para el lote BC y rojo para el AP. Los biotipos que se manejaron son holando, jersey y kiwi.

3.3.3. Distribución de los tratamientos en el campo

Ambos sistemas contaron con una plataforma de pastoreo de 20,7 ha, por lo que teniendo en cuenta las cargas planteadas, implicó que el BC cuente con 37 animales, mientras que el AP necesitó 62 animales en promedio al año. Cada plataforma contó con la misma rotación forrajera, distribuida en 6 potreros, elegidos de forma tal que cada lote recorra la misma distancia a la sala de ordeño, como se muestra en la figura 7.

Figura 7

Croquis del experimento



Nota. Tomado de G. Ortega (comunicación personal, s.f.).

Además, cada lote contó con un área de encierro proporcionada con sombra y agua, utilizados para el suministro de reservas, y eventual uso en los días de lluvia (con el fin de cuidar las pasturas) o en caso de que los animales corrieran riesgo de sufrir estrés calórico. El sistema BC contó con un área de encierro de 12000 m², lo que determinó 324 m² aproximadamente por animal. Tuvo una estructura para sombra elaborada con sombrite, y contó con aros de

metal para el suministro de los silopacks. El lote AP tenía dimensionada un área para el encierro de 5600 m², determinando aproximadamente 90 m² por VO, con sombra fija, plaza de alimentación -lo que permitió el suministro de ensilaje y concentrado fuera de la sala de ordeño- con comederos de hormigón, y cama a cielo abierto con piso de chip de madera, utilizada los días de lluvia. Esta estructura permitió drenar los efluentes generados en la misma, con el fin de mitigar los efectos ambientales del encierro y la alta carga animal.

3.3.4. Recursos forrajeros

La rotación forrajera de cada plataforma se compuso de cuatro años de praderas perennes y dos años de pradera bianual. La pradera perenne estuvo compuesta por *Festuca arundinacea* (festuca), *Trifolium repens* (trébol blanco) y *Medicago sativa* (alfalfa), salvo en un potrero que presentó la variante de *Dactylis glomerata* (dactylis) como gramínea. La pradera bianual era de base *Lolium multiflorum* (raigrás), *Chichorium intybus* (achicoria) y *Trifolium pratense* (trébol rojo).

Dado el déficit hídrico primavera-verano 2022-2023, se intersiembró raigrás sobre las pasturas de los potreros 6B, 6C y 3A en pos de mantenerlos productivos.

En la tabla 3 se muestra cómo fue la distribución espacial de la rotación para el período en estudio.

Tabla 3

Distribución espacial de la rotación en el período en estudio

Potrero	Superficie (ha)	Componente forrajero
3A	6,6	Rg + Ach + TR 2° + int Rg
3B	4	Rg + Ach + TR 1°
6A	9,4	F + TB + AA 1°
6B	9,9	F + TB + AA 3° + int Rg
6C	5,6	F + TB + AA 4° + int Rg
6D	6,3	Dact + TB + AA 2°

Nota. La superficie corresponde a la totalidad del potrero, que luego se divide para ambos lotes. Siendo Rg: raigrás, Ach: achicoria, TR: trébol rojo, int: intersiembra, F: festuca, TB: trébol blanco, AA: alfalfa, Dact: dactylis.

3.3.5. Manejo de la fertilización

Se monitoreó el contenido de nutrientes del suelo mediante muestreo y análisis en cada otoño, y a partir de los mismos, se definieron las fertilizaciones de fósforo y potasio según los niveles críticos, mientras que para nitrógeno se tuvo en cuenta la velocidad de rotación, agregando 1 kg de nitrógeno por día de rotación.

3.3.6. Gestión del pastoreo y toma de decisiones

Las variables monitoreadas con una frecuencia semanal fueron el stock de forraje y la tasa de crecimiento diaria en la plataforma de pastoreo. Como método de medición, se utilizó la herramienta C-Dax. Según Ortega et al. (2023) el stock objetivo a mantener en promedio fue de 2400 kg MS/ha SEPVO (\pm 200 kg MS/ha SEPVO) medidos con la herramienta C-Dax. Este valor, surge de tener en cuenta las disponibilidades de entrada y salida deseadas aproximadas de 2900 kg MS/ha y 1900 kg MS/ha respectivamente.

La elección del potrero a pastorear, dependió de la disponibilidad de forraje de cada uno, como también del estado fisiológico de las plantas. Con respecto a la disponibilidad, se comienza a pastorear el potrero que tiene mayor biomasa acumulada, y se continuó avanzando hacia los siguientes.

Cuando se logra mantener el sistema en equilibrio, se puede visualizar una “escalera de potreros”, es decir que las disponibilidades de forraje de cada potrero quedan escalonadas, permitiendo ingresos con buena cantidad y calidad. También permite establecer un orden en los potreros a pastorear. Si no se observa el escalonamiento, podría significar un ingreso con baja o demasiada disponibilidad, que afecta directamente la calidad, la producción de forraje y el consumo del animal.

Teniendo en cuenta el stock forrajero, si éste se encontraba por debajo del objetivo, la decisión es de no pastorear, para destinar todo el crecimiento de la pastura a la recuperación del mismo. Por otro lado, si el stock promedio se encontraba cercano al rango objetivo, la decisión era de pastorear, y fue la TC la variable que determinaba la cantidad de pasto a cosechar por los animales, pudiendo ser en uno o dos turnos de pastoreo, en búsqueda de consumir la totalidad del crecimiento diario. Teniendo en cuenta la carga, y que los animales por turno pueden cosechar entre 6 y 8 kg MS de forraje, fue que se determinó la cantidad de turnos de pastoreo al día. Por último, si el stock se encontraba por encima del objetivo, se intentaba aumentar la cosecha de forraje de manera directa, pudiendo ser mayor incluso que el crecimiento diario, y de esta forma se destinaba área a la cosecha mecánica. Para el tratamiento BC, esto varió, ya que el sistema operaba con al menos 1400 kg MS/ha de reserva, lo cual implicaba asegurarse esa cosecha en primavera.

Una vez que se tomó la decisión de pastoreo y la cantidad de forraje en kg MS que se deseaba que cada animal consuma, se definió el tamaño de franja, teniendo en cuenta la carga, la disponibilidad del potrero a pastorear, y los días de ocupación planificados para el lote. La salida de la franja, quedaba determinada por la altura remanente, con una altura de C-Dax aproximada de 85-90 y una proporción de 15 – 20 % de matas de rechazo (Fariña et al., 2017).

Establecer criterios de decisión a partir de datos recabados semanalmente, mejora los resultados productivos, y permite la planificación a largo plazo del sistema.

3.3.7. Suplementación

La suplementación queda sujeta a la suficiencia o deficiencia de pasto para la alimentación del ganado. Para cubrir los requerimientos, se utilizaron reservas forrajeras y concentrados. Las reservas utilizadas dependieron de cada tratamiento. Las primeras dos semanas del experimento, el lote AP utilizó ensilaje de maíz, el resto del experimento utilizó henolaje de sorgo y raigrás y cáscara de soja. En cambio, el lote BC utilizó solamente henolaje de sorgo y raigrás. Aunque el objetivo de este sistema era cosechar las reservas desde la plataforma de pastoreo, debido al acentuado déficit hídrico de primavera-verano presentado en la figura 6, esto no fue posible, por lo que fue necesaria la importación de henolaje de sorgo al sistema.

Los concentrados fueron comunes a ambos tratamientos, siendo maíz y canola los utilizados. Lo que varió fue la cantidad asignada a cada lote, ya que el AP tenía la posibilidad de suministrar concentrado en el patio de comida en el encierro.

3.4. Determinaciones realizadas

3.4.1. Disponibilidad de forraje

3.4.1.1. Estimación método C-Dax

El método principal para medir disponibilidad del forraje en los potreros fue el del C-Dax. Este es un método indirecto, por lo que no implicó un corte de pastura. Se basa en sensores de alta precisión que miden la biomasa aérea a través de la altura, junto con una consola donde se pueden visualizar los datos. Los sensores van ubicados en un “carrito”, adosado a un vehículo (para el caso del experimento, un tractor pequeño ISEKI) que toman la altura de forraje promedio por unidad de superficie. Para que el valor de la altura tenga sentido práctico, es necesaria una ecuación de regresión que la transforme en biomasa disponible en kg MS. La ecuación utilizada fue $y = 13,78 x + 774$ siendo “y” la biomasa estimada y “x” la altura de forraje medida, con un r^2 de 0,41 (Ortega et al., 2023).

3.4.1.2. Estimación método Plato medidor - Rising plate meter (RPM)

El segundo método utilizado para medir disponibilidad de forraje, fue el plato medidor. Es otro método indirecto, que mide altura de forraje que es comprimido por el mismo. A diferencia del anterior, esta herramienta se utiliza a pie, de forma manual. La altura medida por el plato, se relaciona con la biomasa disponible a través de la siguiente ecuación de regresión $y = 337,59 x - 240,42$ con un r^2 de 0,53, siendo “x” la altura del forraje comprimida por el plato, e “y” la biomasa estimada (G. Ortega, comunicación personal, s.f.).

Se propuso utilizar estos dos métodos, ya que con el C-Dax, tal como se cita en Ortega et al. (2023), las condiciones de uso pueden variar por aspectos mecánicos, de infraestructura y climáticas.

3.4.2. Stock de forraje y tasa de crecimiento diaria

Para la medición del stock de forraje y la tasa de crecimiento diaria, se estableció una recorrida semanal, los días lunes se midieron todos los potreros de la plataforma de pastoreo. Para esto, se diseñó una transecta imaginaria en cada potrero, siendo éste el camino a recorrer, tanto para el método C-Dax como para el plato medidor. De esta forma, se obtuvo semanalmente la disponibilidad de biomasa promedio por ha de cada potrero. La estimación de la tasa de crecimiento diaria fue el resultado de medir la disponibilidad en dos semanas consecutivas. Para esta estimación, se tomaron en cuenta únicamente los potreros que no se pastorearon en la semana, por lo que la diferencia de forraje entre una medición y la anterior, corresponde al crecimiento de la pastura.

3.4.3. Consumo aparente de forraje

La determinación del consumo aparente de forraje por los animales implicó la medición de la disponibilidad de biomasa en cada franja, en el “pre” y en el “post” pastoreo. Para esto, se trazó una línea en zig zag imaginaria dentro de cada franja de pastoreo, con el fin de cubrir un área representativa del área pastoreada por los animales. Se midió el pre pastoreo lo más cercano posible al ingreso de los animales y el post lo más cercano a la salida, realizándose los días lunes, miércoles y viernes. Teniendo en cuenta la diferencia entre el pre y post pastoreo en kg MS/ha, el tamaño de la franja y la cantidad de animales, se estimó el consumo aparente de forraje promedio de cada animal.

3.4.4. Elaboración de la dieta

Previo al ingreso al pastoreo en cada potrero, se tomaron muestras de material verde a la altura del bocado de la vaca, y se analizaron en laboratorio, con el fin de conocer contenido de materia seca, cenizas, proteína, FDA, FDN y energía para elaborar una dieta ajustada. Con el mismo fin, también se muestrearon y analizaron en laboratorio las reservas y los concentrados utilizados. En el caso de los ensilajes y henolajes, se agregó el análisis de pH.

Los requerimientos energéticos de las vacas se determinaron semanalmente con el programa que se indica en National Research Council (NRC, 2001) considerando el peso vivo, número de lactancias, preñez, producción de leche y contenido de grasa en leche. A partir del consumo objetivo de forraje por animal, se planificaba una dieta cubriendo los requerimientos no satisfechos por la pastura, con reserva y concentrado, considerando el potencial productivo de los animales los cuales contemplaban 6500 litros de leche por lactancia.

Dado que no se realizó lectura de comederos, y no hubo datos de reserva consumida, se tomaron los valores ofrecidos y se consideró un 15% de rechazo y desperdicios, dadas las estructuras donde se suministraban. A su vez, la totalidad de concentrado ofrecido se consideró como consumido.

3.4.5. Producción de leche y rutina de ordeño

Los animales se ordeñaban dos veces al día, a las 5:00 y a las 17:00 horas, con suministro de concentrado en la sala con comederos automáticos. En cada ordeño se registraba la producción individual y por lote, realizándose también

una vez al mes un control lechero para analizar la composición de la leche. En los momentos en que los lotes se encontraban en un único turno de pastoreo, pastoreaban de mañana y luego del ordeño de la tarde iban al encierro.

3.4.6. Peso vivo y condición corporal

Una vez al mes se realizaron determinaciones de peso vivo y condición corporal de cada lote. Las mismas se realizaron los terceros jueves de cada mes. Para el peso vivo se utilizó una balanza móvil, con una apreciación de 1kg y la determinación de la condición corporal se estimó visualmente según los criterios adaptados de Ferguson (1994).

3.5. Análisis estadístico

Para analizar las variables medidas sobre la pastura como fueron la producción y stock de forraje, disponibilidades de forraje de entrada y remanentes y la cosecha de forraje por hectárea se utilizó un diseño en bloques completos al azar (DBCA). Se designaron los sistemas BC y AP como los dos tratamientos, y los seis potreros como bloques, existiendo repeticiones en el tiempo semanales.

El modelo estadístico se describe como: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$, con $\epsilon_{ij} \text{ iid } \sim N(0; \sigma^2)$

Donde Y_{ij} son los registros de las distintas variables en estudio, μ es la media poblacional, τ_i representa el efecto relativo al i ésimo tratamiento, β_j considera el efecto de los bloques y ϵ_{ij} es el error experimental.

Para la evaluación de los resultados asociados a los tiempos de ocupación de los lugares de encierro y oportunidades de pastoreo, alimentación y productividad por hectárea, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA). Los dos tratamientos considerados son los sistemas BC y AP, con repeticiones en el tiempo en los noventa y dos días del experimento, siendo cada lote una unidad experimental. Por otro lado, las variables como producción de leche individual y porcentajes de grasa y proteína también fueron analizadas a través de un diseño completamente al azar (DCA), donde los tratamientos fueron los distintos sistemas, pero las unidades experimentales fueron cada animal.

El modelo estadístico utilizado es: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$, con $\epsilon_{ij} \text{ iid } \sim N(0; \sigma^2)$

Siendo Y_{ij} las variables de respuesta estudiadas, μ la media poblacional, τ_i el efecto relativo del i ésimo tratamiento y ϵ_{ij} el error experimental.

Los datos se analizaron con el programa InfoStat, con una determinada significancia estadística con $p\text{-valor} < 0,05$.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Distribución mensual de la carga

Tabla 4

Carga animal en el área de PPVO para los meses del experimento y promedio invernal

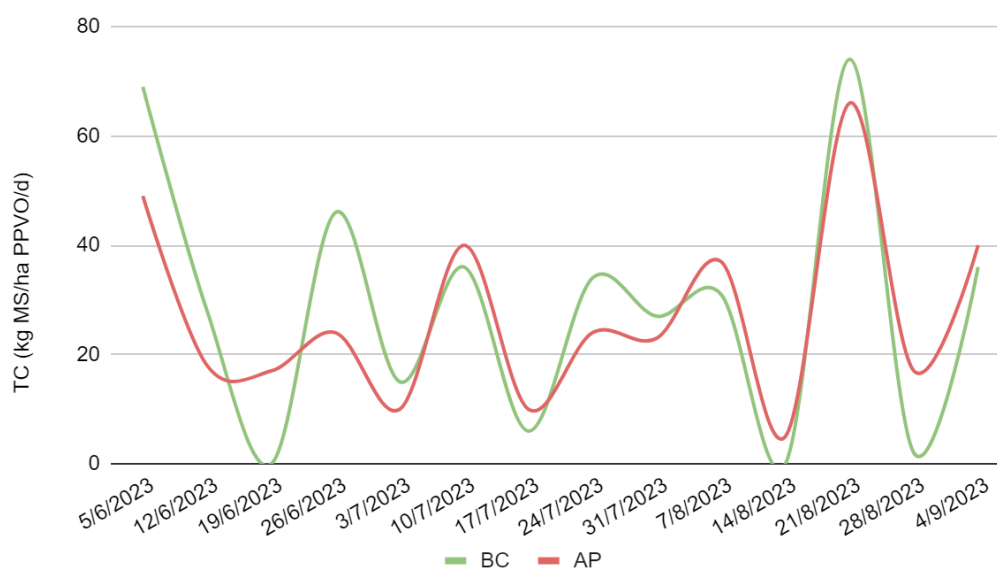
<i>Carga (VO/ha PPVO)</i>	BC	AP
Junio	1,6	2,6
Julio	2	3
Agosto	2,1	3,2
Promedio invernal	1,9	3,0

En la tabla 4 se observa la variación mensual de la carga animal para el período del experimento. Dada la distribución de partos del rodeo orientada al otoño-invierno, es esperable que la carga vaya aumentando en estos meses. Para ambos lotes, la carga manejada en junio fue menor a la planteada para el experimento, pero fue en aumento dadas las pariciones de julio y agosto, resultando en una carga promedio invernal muy similar a las designadas. A su vez, las cargas de ambos sistemas resultaron de 60 a 150% superiores (para el BC y AP, respectivamente) a las presentadas por PPC 2023 para la estación de invierno, siendo la misma de 1,2 VO/ha PPVO.

4.2. Producción de forraje

Figura 8

TC diaria según tratamientos en la plataforma de pastoreo medidas semanalmente



Nota. Elaborada a partir de datos estimados con C-Dax.

En la figura 8 se observa la fluctuación de la tasa de crecimiento durante los meses del experimento. La misma se debió a factores climáticos como disponibilidad de agua en el suelo y radiación solar. La herramienta y el método de estimación utilizados también pudieron influir. Si bien ambos tratamientos presentaron una gran variación semanal (por ejemplo, pasando de 0 kg/ha PPVO/d a 70 kg/ha PPVO/d), la fluctuación de ambos lotes se dio de manera similar, resultando en una tasa de crecimiento diaria de forraje promedio invernal que se presenta en la tabla 5.

Tabla 5

TC diaria promedio invernal según tratamientos en la plataforma de pastoreo medidas con C-Dax

<i>TC (kg MS/ha PPVO)</i>	BC	AP
<i>Promedio invernal</i>	27 a	25 a

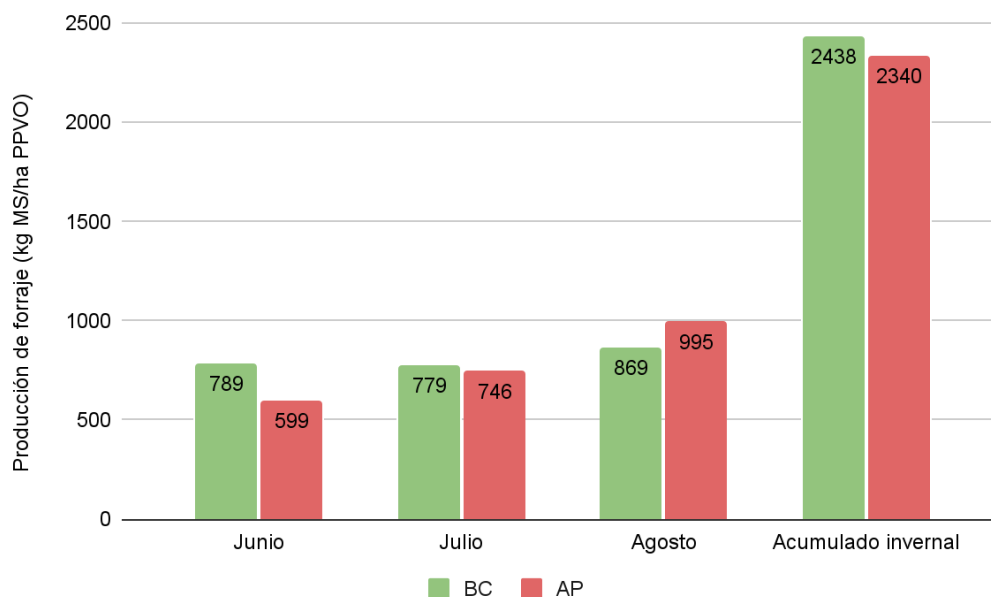
Nota. Los números con la misma letra indican que no hay diferencias significativas con p-valor $0,79 > 0.05$.

Los tratamientos no presentaron efectos sobre la tasa de crecimiento diaria invernal. Este resultado difiere con lo concluido por Macdonald et al. (2008), donde al aumentar la carga, se obtuvieron mayores producciones de forraje, asociado a una cosecha eficiente del pasto. Esta diferencia con la bibliografía mencionada, puede deberse a que el experimento se diseñó con cargas y suplementación ajustadas, para maximizar la producción de forraje.

Por otro lado, el resultado obtenido, se alinea con los reportados por Fariña et al. (2011) y Ortega et al. (2024) donde al gestionar el pastoreo de la misma forma (respetando alturas de entrada y de salida) para los distintos tratamientos, sumado a la posibilidad de cosecha mecánica del excedente y ajuste de la suplementación, se obtiene la misma producción de forraje por hectárea.

Figura 9

Producción de forraje por hectárea mensual y acumulado invernal según tratamientos en la PPVO



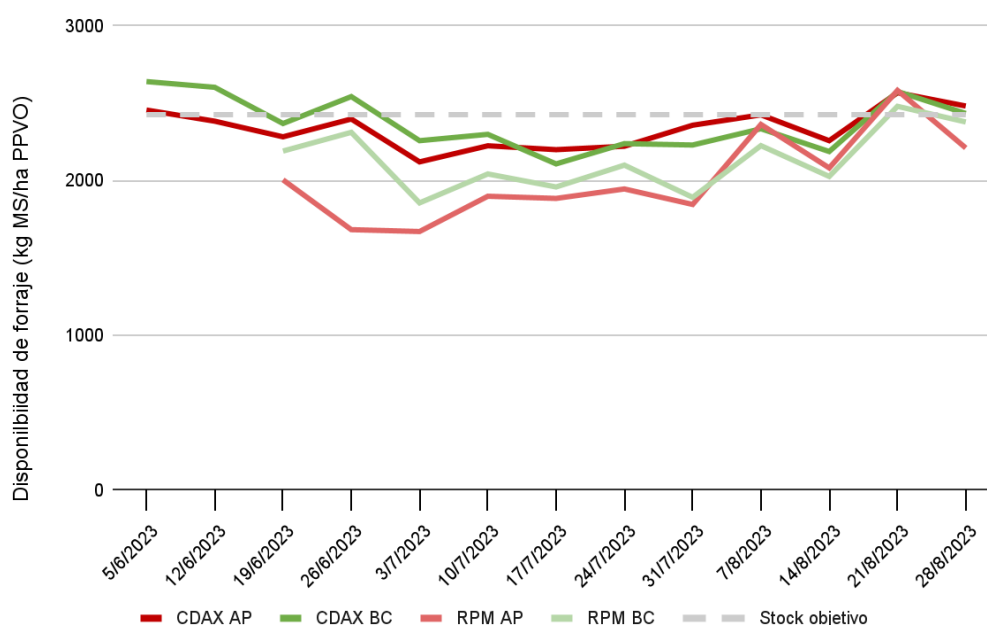
Nota. Elaborada a partir de datos estimados con C-Dax.

La producción mensual registrada para ambos tratamientos en los tres meses resultó similar, con una tendencia al aumento en agosto, lo que resultó acorde a las especies presentes en la plataforma. El acumulado invernal fue de 2438 y 2340 kg MS/ha PPVO, para el tratamiento BC y AP, respectivamente. Esta producción de forraje invernal fue aproximadamente 900 kg MS/ha superior a la presentada por Leborgne (1984) y R. Zanoniani (comunicación personal, s.f.), posiblemente asociado a las diferencias genéticas de los materiales evaluados y a protocolos de fertilización (Lussich, 2020). Por otro lado, resultó aproximadamente 600 kg MS/ha por encima de lo estimado por el SSC, que presenta un promedio. La intersembra de raigrás en una buena parte de la plataforma es otro factor que puede explicar las diferencias presentadas con la bibliografía. Por último, podrían existir diferencias con la bibliografía en otros factores como fechas de siembra, manejo de la fertilización y pastoreo, entre otros.

4.3. Stock de forraje

Figura 10

Stock de forraje disponible (kg MS/ha SEPVO) medido con C-Dax y RPM para ambos lotes



Nota. Stock objetivo utilizado para herramienta C-Dax.

No existió efecto de los tratamientos sobre la disponibilidad de forraje medido con C-Dax ni RPM. Este resultado concuerda con lo expuesto por Ortega et al. (2024), explicado por el mismo manejo del pastoreo; donde se mantuvo un stock objetivo de forraje disponible y se ajustó el consumo de forraje por hectárea a la tasa de crecimiento diaria. De este modo, se concluye que, al gestionar el pastoreo de esta forma, no debería haber diferencias entre las disponibilidades de forraje a pesar de las cargas. Además, la incorporación de una herramienta de este tipo facilita el monitoreo y la toma de decisiones.

En la estación de invierno, el stock de forraje promedio medido con C-Dax fue de 2369 y 2335 kg MS/ha PPVO para el lote BC y AP respectivamente, encontrándose ambos dentro del rango objetivo, lo que significa que las decisiones de pastoreo o encierro fueron acordes a lo planteado. En la figura 10 se observa que en el mes de julio el stock de forraje estuvo por debajo del objetivo, lográndose recomponer para el mes de agosto.

En el gráfico 10 se visualiza también el comportamiento del stock de forraje con la herramienta RPM, que se comenzó a utilizar el 19 de junio, por lo que los datos presentados comienzan a partir de esa fecha. Según RPM, los promedios de ambos lotes para el invierno fueron de 2132 kg MS/ha PPVO para el tratamiento BC y 2014 kg MS/ha PPVO para el AP. Estos resultados demuestran que, si el sistema fuera a gestionarse a partir de esta herramienta, lo

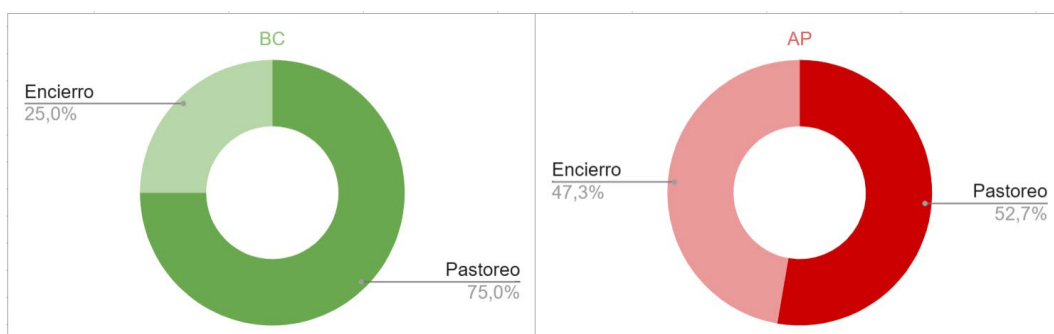
más adecuado sería plantear un nuevo stock objetivo acorde al instrumento, seguramente menor al objetivo C-Dax.

Al evaluar la variación de la disponibilidad forrajera semana a semana, se encontró una relación con la ocupación de los lugares de encierro y oportunidades de pastoreo, ya que es una de las formas de regular el stock e intentar mantenerlo en el objetivo.

4.4. Tiempos de ocupación de los lugares de encierro y oportunidades de pastoreo

Figura 11

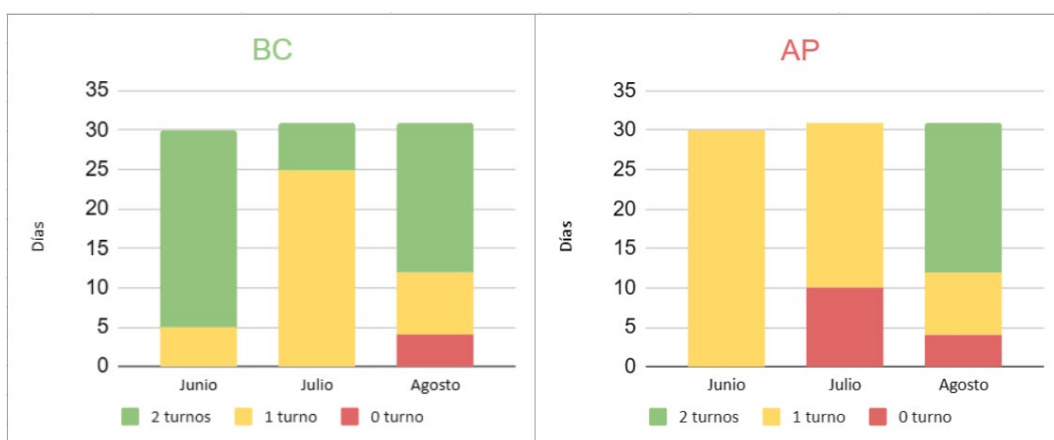
Proporción de tiempo en pastoreo y encierro para los tratamientos BC y AP



En la figura 11 se observan las oportunidades de pastoreo que tuvo cada lote. Ya que cada día se compone de dos turnos y el experimento abarcó 92 días, hubo 184 posibles turnos de pastoreo o encierro. El tratamiento BC logró pastorear un 75% de esos turnos, mientras que el AP concretó el 53%. Sobre esta variable, el tratamiento sí presentó un efecto significativo, con un p -valor $< 0,0001$. Este resultado concuerda con lo presentado por Custodio (2022) en cuanto a que una mayor carga implica mayores tiempos de encierro cuando se gestiona el pastoreo con los criterios mencionados.

Figura 12

Días a 0, 1 y 2 turnos de pastoreo por mes según tratamientos



En la figura 12 se observa para ambos tratamientos como se distribuyeron los pastoreos durante los tres meses de invierno. Cada día las

posibilidades fueron de 0, 1 o 2 turnos de pastoreo. Los turnos sin pastoreo implicaron el encierro de los animales en las áreas destinadas para el mismo.

En el tratamiento BC, los días a doble turno de pastoreo fueron predominantes en junio, seguido de agosto, mientras que en julio se dieron mayoritariamente días de un solo turno de pastoreo. Al analizar estos resultados en conjunto con la figura 10, se observa una relación entre los turnos de pastoreo por día y el stock. En el mes de junio y parte de agosto, donde el stock se encontraba por encima del objetivo y la tasa de crecimiento lo permitió, se realizaron mayoritariamente dobles turnos de pastoreo, mientras que en julio el stock estuvo por debajo del objetivo y se decidió pastorear en un único turno de pastoreo por día. Los días de encierro total se dieron únicamente en agosto, debido a eventos de lluvias abundantes, donde se intentó evitar el pisoteo de las pasturas.

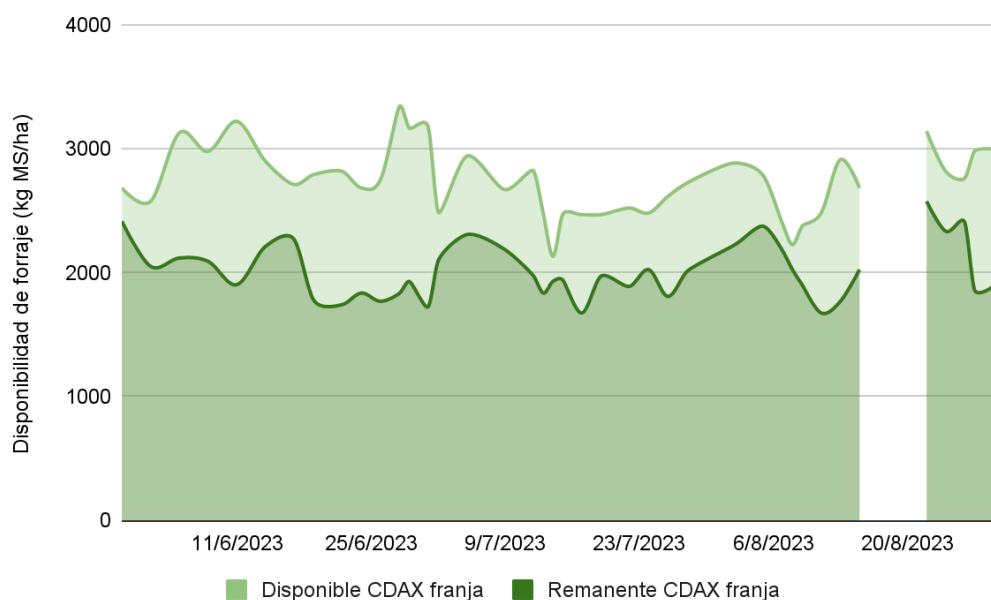
El tratamiento AP presentó un patrón similar en cuanto a la relación entre los turnos de pastoreo y el stock de forraje, aunque presentó menos turnos de pastoreo debido a la mayor carga. Para el mes de junio, el stock de forraje se encontró en el rango del objetivo, pero las tasas de crecimiento permitieron solo un turno de pastoreo. En julio el stock disminuyó, por lo que fue necesario mantener varios días a doble turno de encierro, lo que permitió recomponer el stock para el mes de agosto, y esto, sumado a las tasas de crecimiento de este mes, permitieron pastorear varios días a doble turno. El encierro de agosto, al igual que para el tratamiento BC, fue debido a lluvias y evitar pisoteo.

El tiempo en pastoreo y encierro tiene un efecto directo en la estructura de alimentación del rodeo. Encerrar a los animales implica sustituir la pastura con otras fuentes de alimentación. Sumado a esto, el encierro conlleva contar con infraestructura adecuada, para el mayor bienestar animal sin disminuir la producción de leche. En este caso, para el lote AP que en invierno pasó la mitad de tiempo en el área de encierro, la calidad del mismo y de la suplementación cobran una mayor importancia.

4.5. Pre y post pastoreo: disponibilidad de entrada y remanente

Figura 13

Disponibilidad de forraje pre pastoreo y remanente post pastoreo para el sistema BC



La disponibilidad de entrada y el remanente post-pastoreo medido con C-Dax para el tratamiento BC se presentan en la figura 13. Se observa que, tanto los valores de disponibilidades de entrada como los de salida variaron a lo largo del experimento, como también la cosecha instantánea, que resulta de la diferencia entre disponibilidad de entrada y salida en una misma franja.

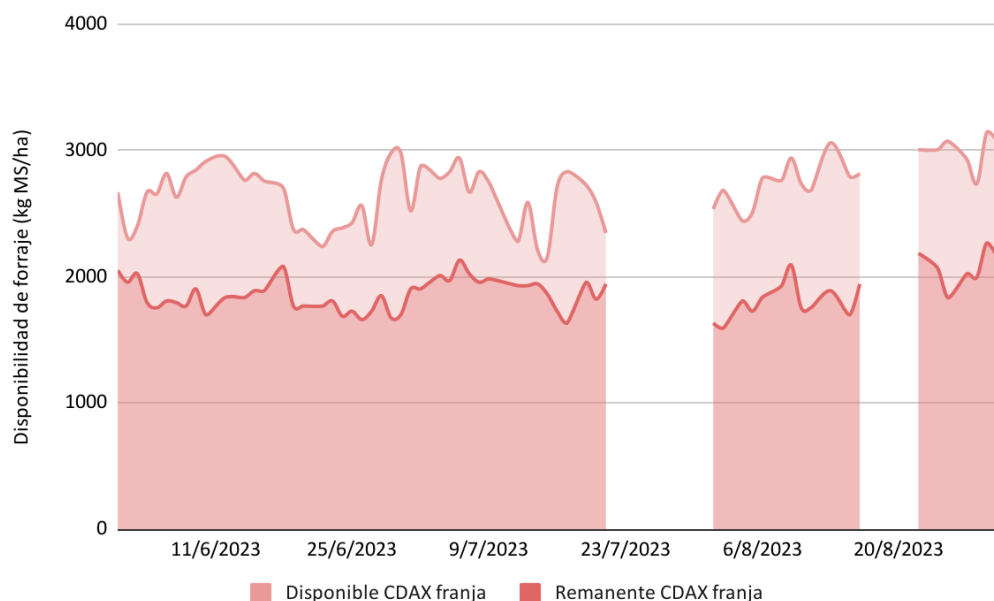
La disponibilidad de entrada más baja fue de 2132 kg MS/ha, y se dio en el mes de julio, en el cual el stock se encontró por debajo del objetivo (figura 10). A su vez, la disponibilidad de entrada más alta fue de 3345 kg MS/ha y se dio a fines de junio, en un momento en el que el stock estuvo por encima del objetivo. Se puede observar entonces una relación entre la disponibilidad promedio de la plataforma y la disponibilidad de entrada del potrero y en particular la franja a pastorear.

Los remanentes post-pastoreo se movieron en un rango entre 1675 y 2577 kg MS/ha, resultando también variables.

El corte en la gráfica que se observa en agosto, se corresponde a los días de encierro sin pastoreo que tuvo este lote.

Figura 14

Disponibilidad de forraje pre pastoreo y remanente post pastoreo para el sistema AP



En el tratamiento AP se realizó una mayor cantidad de mediciones, tanto de disponibilidades de entrada como de salida con respecto al BC, dado que este lote plantea franjas de ocupación diaria, mientras que el BC la ocupación de la franja fue de varios días.

El rango de disponibilidades de entrada fue entre 2159 y 3143 kg MS/ha, y se observa la misma relación con el stock que se discutió para el tratamiento BC; mayores disponibilidades en los momentos de stock de forraje más elevados y viceversa. Los remanentes post-pastoreo se encontraron entre 1594 y 2267 kg MS/ha.

Los cortes en la gráfica para los meses de julio y agosto, representan los días de encierro sin pastoreo que tuvo este lote.

Al analizar en conjunto las figuras 13 y 14 con los días a 0, 1 y 2 turnos de pastoreo (figura 12), se observó que no existió relación entre las disponibilidades de entrada y salida con los turnos de pastoreo; ya que dentro de cada franja se buscó maximizar la cosecha de forraje por hectárea.

Tabla 6

Promedio mensual e inveral de disponibilidades de entradas y remanentes para ambos sistemas

<i>Promedio (kg/ha)</i>	Disponibilidad de entrada		Remanente	
	BC	AP	BC	AP
Junio	2905	2639	1997	1817
Julio	2604	2627	1955	1920
Agosto	2726	2822	2100	1898
Promedio inveral	2742 a	2689 a	2016 a	1870 b

Nota. Valores con letras distintas presentan diferencias significativas, con un p-valor < 0,05.

No se encontraron diferencias significativas según los tratamientos para las disponibilidades de entrada con un p-valor de 0,31, pero sí en los remanentes, con p-valor de 0,0001.

Dado el manejo del pastoreo que apuntaba a las mismas alturas de entrada y salida para ambos lotes, no era esperable esta diferencia entre los remanentes. La existencia de una diferencia estadísticamente significativa en este caso, no implica necesariamente que alguno de los valores sea “incorrecto”, ya que ambos se encuentran dentro de los remanentes esperados, y a su vez, esta diferencia de 146 kg MS/ha no tendría por qué afectar la cosecha directa por hectárea.

De todos modos, estos resultados demuestran la dificultad de lograr los mismos remanentes en dos sistemas contrastantes, lo que requiere ajustar en simultáneo la suplementación, tamaños de franja y tiempos de ocupación.

Por otro lado, se encontraron diferencias significativas entre los remanentes al comparar los potreros. La tendencia fue que los potreros con pasturas más viejas como el 6B, 6D y 6C presentaron remanentes más altos en comparación a los potreros recientemente implantados y los que tenían praderas bianuales. Esto se podría relacionar al efecto de selección de los animales, principalmente en las praderas viejas.

Tabla 7

Tamaños de franja promedio mensual e inveral y días de ocupación para ambos lotes

	Tamaño de franja (ha)		Días de ocupación	
	BC	AP	BC	AP
Junio	1,1	0,5	2,4	1,2
Julio	1,1	0,6	2,3	1,2
Agosto	1,3	0,8	2,2	1,5
Promedio inveral	1,2	0,6	2,3 ± 0,9	1,3 ± 0,4

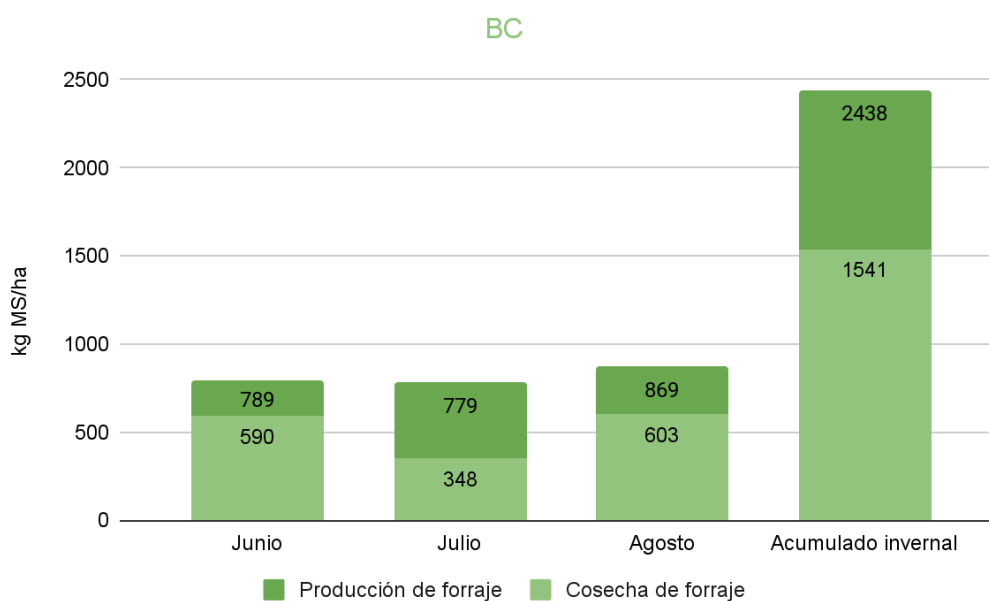
En la tabla 7 se presentan los tamaños de franja promedio por mes y sus respectivos días de ocupación. Si bien lo estipulado inicialmente fue realizar franjas de 3 días de ocupación para el lote BC, estos resultados demuestran la variabilidad del sistema para la estación de invierno, en donde en algunas ocasiones se tuvo que modificar los días de ocupación debido a las distintas disponibilidades de forraje en las franjas.

Teniendo en cuenta el tamaño de franja para cada lote y sus días de ocupación, se puede deducir la velocidad de rotación, es decir el tiempo que demora cada lote en volver a pastorear el mismo potrero. Desde principios hasta mediados del invierno, la velocidad de rotación para ambos lotes fue de 40 días aproximadamente, mientras que hacia fines del invierno-principio de primavera, ésta se acelera, siendo de 30 días, lo cual resulta acorde a las especies presentes en la plataforma y su crecimiento.

4.6. Cosecha directa de forraje por hectárea y utilización

Figura 15

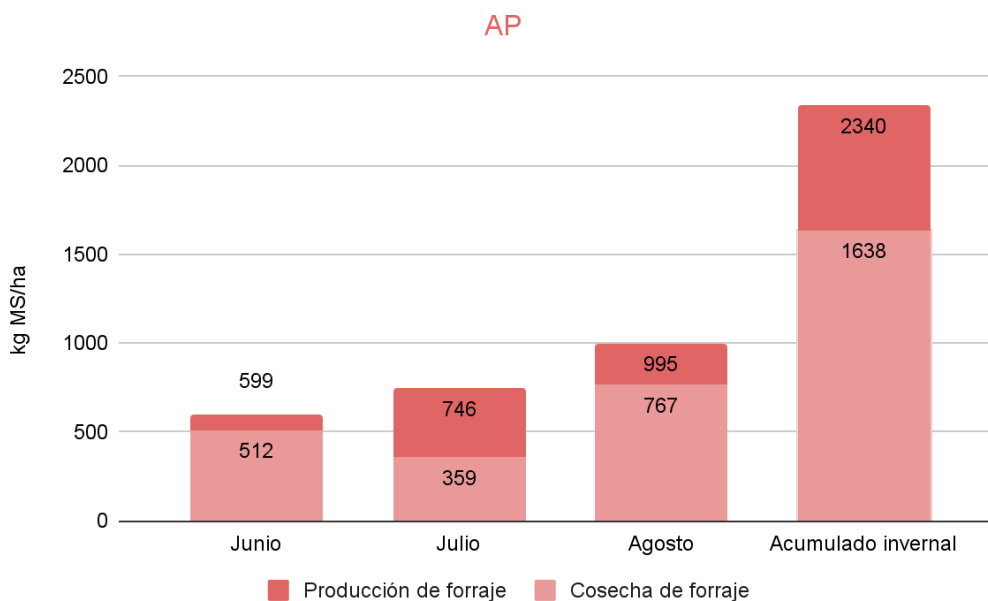
Producción y cosecha de forraje total mensual y acumulado invernal para el tratamiento BC



Nota. Datos medidos con C-Dax.

Figura 16

Producción y cosecha de forraje total mensual y acumulado invernal para el tratamiento AP



Nota. Datos medidos con C-Dax.

La cosecha de forraje acumulada invernal resultó de 1541 y 1638 kg MS/ha PPVO para los tratamientos BC y AP respectivamente. Sobre esta variable, los tratamientos no tuvieron un efecto significativo, con un p -valor=0,322. Estos resultados concuerdan con los presentados por Fariña et al. (2011), Patton et al. (2016) y Ortega et al. (2024), donde se compararon sistemas con distintas cargas y aun así se lograron las mismas cosechas de forraje por hectárea. Aunque estos trabajos evalúan los sistemas de forma anual, y los de menores cargas se apoyaron en cosechas mecánicas, dada la extensión de este experimento, que abarcó únicamente el invierno, esto no fue necesario para lograr las mismas cosechas. Sin embargo, es de esperar que sean necesarios los cortes para igualar las cosechas en primavera.

Por otro lado, los valores de cosecha de ambos lotes resultan ser casi el doble que los presentados en PPC 2023 para la estación de invierno. Esto refleja el compromiso con la producción y cosecha de forraje de ambos sistemas y que tiene efectos directos sobre la estructura de alimentación y el resultado productivo de los mismos. Uno de los factores que posibilitan alcanzar estos valores de cosecha es el control de las disponibilidades de forraje previo al ingreso del pastoreo. Ambos lotes contaron con buenas disponibilidades y estructuras de la pastura, lo que aumentó el peso de bocado y efectivizó el tiempo de pastoreo (Allden & Whittaker, 1970).

Tabla 8

Eficiencia de cosecha mensual en relación al forraje producido para ambos tratamientos

<i>Eficiencia de cosecha (%)</i>	BC	AP
Junio	75	86
Julio	45	48
Agosto	69	77
Promedio invernal	63	70

En la tabla 8 se observa la eficiencia de cosecha mensual y el promedio de producción de forraje invernal para ambos tratamientos. Durante el invierno, debido a la dinámica del tambo, hubo momentos en los que la SEPVO resultó menor a la PPVO, por lo que los animales tuvieron una menor área disponible para pastorear. Al evaluar la producción y cosecha de forraje en la totalidad de la PPVO, la eficiencia de cosecha resulta menor a la eficiencia de la SEPVO.

Las menores eficiencias de cosecha para ambos tratamientos se dieron en julio, donde el stock de forraje se encontraba por debajo del objetivo y se destinó gran parte del crecimiento forrajero de ese mes a recuperarlo, a través de menores turnos de pastoreo para el lote BC y mayor tiempo de encierro para el AP.

Por otro lado, la diferencia en la eficiencia de cosecha del mes de agosto entre tratamientos, se puede atribuir a que, debido a la necesidad del sistema BC de cosechar las reservas dentro de la PPVO, hay un cierre de área para acumular crecimiento. Esto implica la disminución de eficiencia de cosecha por parte de los animales con respecto al AP.

Dada la gestión planteada para el pastoreo, cuyo objetivo fue cosechar la totalidad del forraje producido, las eficiencias promedio invernales para ambos sistemas pueden parecer bajas. Sin embargo, esto cobra sentido al considerar que, en algunos períodos, el crecimiento debió destinarse a la recuperación del stock o cerrar área para poder realizar reservas. Estas decisiones son clave para lograr estabilidad en los sistemas, dado que apuntar a mayores eficiencias de cosecha en el invierno, podría comprometer la producción de forraje en las siguientes estaciones. Además, para el tratamiento BC, podría verse afectada la capacidad de producir las reservas dentro de la PPVO, perdiendo de vista el objetivo de este sistema.

4.7. Alimentación

En las tablas 9, 10 y 11, se presentan los datos de consumo total y los componentes de reservas y concentrados (kg MS/ha PPVO/mes) para ambos sistemas. En las figuras 15 y 16 se encuentran los datos de forraje consumido.

Tabla 9*Consumo de reservas (kg MS/ha PPVO/mes) según tratamientos*

<i>Reservas (kg MS/ha PPVO)</i>	BC	AP
Junio	48	252
Julio	183	453
Agosto	84	143
Acumulado invernal	315 b	847 a

Tabla 10*Consumo de concentrado (kg MS/ha PPVO/mes) según tratamientos*

<i>Concentrado (kg MS/ha PPVO)</i>	BC	AP
Junio	301	656
Julio	447	990
Agosto	443	741
Acumulado invernal	1191 b	2387 a

Tabla 11*Consumo total (kg MS/ha PPVO) para ambos tratamientos*

	BC	AP
<i>Consumo total (kg MS/ha PPVO)</i>	3047 b	4872 a

Al analizar por separado los componentes de la alimentación por hectárea de los lotes, se puede apreciar que el consumo de pastura no presentó diferencias entre los mismos, mientras que las reservas y concentrados consumidos, como también el consumo total de MS/ha, fueron diferentes, con p-valores < 0,0001.

Los datos presentados por PPC 2023 (G. Ortega, comunicación personal, s.f.) para la estación de invierno, indican que los tambos promedio consumen 593 kg MS/ha PPVO de reservas y 632 kg MS/ha PPVO de concentrado. Sumando el componente de pastura cosechado por estos tambos, consumen en total 2060 kg MS/ha PPVO, resultando inferior a los consumos totales de ambos sistemas del experimento. Las cargas manejadas, la gestión del pastoreo y la estructura de alimentación son los factores que determinan que estos sistemas logren producir y cosechar más forraje que los tambos promedio uruguayos, con un impacto directo y positivo en el resultado productivo y económico.

En total, en toda la estación de invierno, el lote BC consumió 6500 kg MS de reserva, mientras que el AP llegó a un total de 17500 kg MS. Con respecto a los concentrados, el consumo del lote BC superó los 24500 kg MS y el del lote AP fue de casi 50000 kg MS. En relación, el consumo de concentrados del lote AP con respecto al BC fue del doble, mientras que para las reservas se consumió casi el triple.

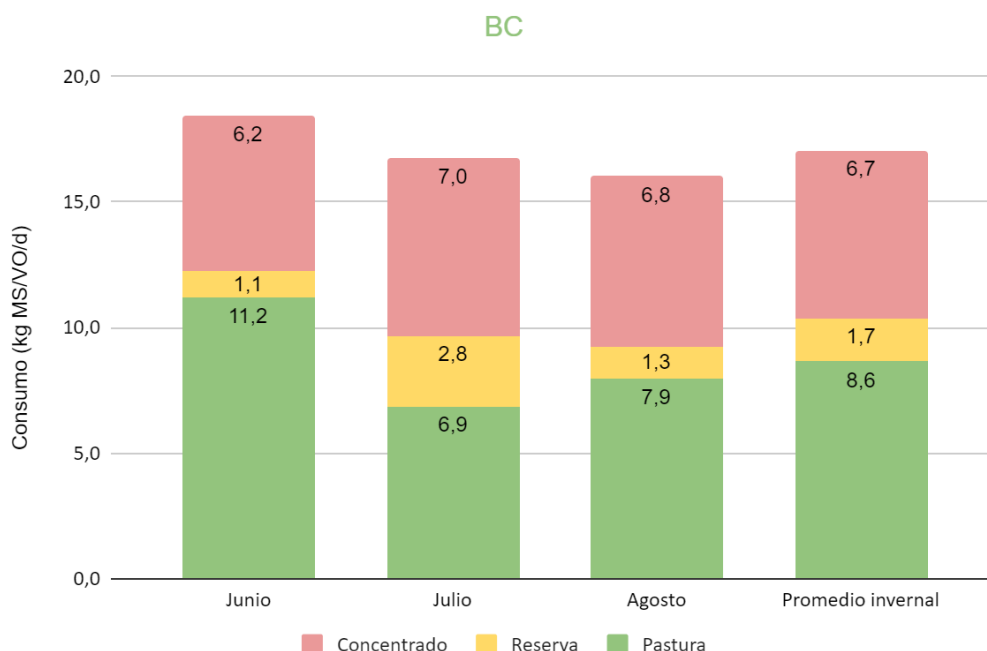
Como era de esperarse, al igual que en varios experimentos de sistemas como los de Fariña et al. (2011), Patton et al. (2016) y Ortega et al. (2024), el incremento de carga implicó un aumento en la importación de alimentos por fuera de la plataforma de pastoreo. En este trabajo, durante el invierno, ambos lotes consumieron la misma cantidad de forraje por hectárea (figuras 15 y 16), pero para sostener los consumos individuales del sistema de 3,0 VO/ha PPVO fueron necesarios más de 1700 kg MS/ha PPVO que para el sistema de 1,8 VO/ha PPVO.

Analizando la estructura de alimentación que tuvo cada sistema, quedan identificadas las implicancias de cada uno. Por un lado, la presión que tiene el BC de realizar la totalidad de las reservas dentro de la plataforma, requiere un ajuste preciso de la carga a la producción de forraje y una rotación acorde, que permitan la producción de la totalidad de las reservas. La variabilidad climática es un factor que puede ser limitante al plantear un sistema con estas características. Un detalle no menor, es que el BC al no contar con mixer ni patio de alimentación, solo puede suministrar henolaje, lo que limita la capacidad de almacenar reservas por un período largo de tiempo. Por otro lado, la demanda de importación de alimentos que presenta el AP, implica contar con un área de apoyo o capacidad de compra y dependencia del mercado en cuanto a precio y calidad, además de la necesidad de infraestructura y capacidad operativa para poder ofrecer el alimento.

Los datos presentados en la figura 17 muestran cómo fue el consumo individual por mes y promedio invernal para el lote BC.

Figura 17

Consumo individual diario y su composición para el tratamiento BC (kg MS/VO/d)



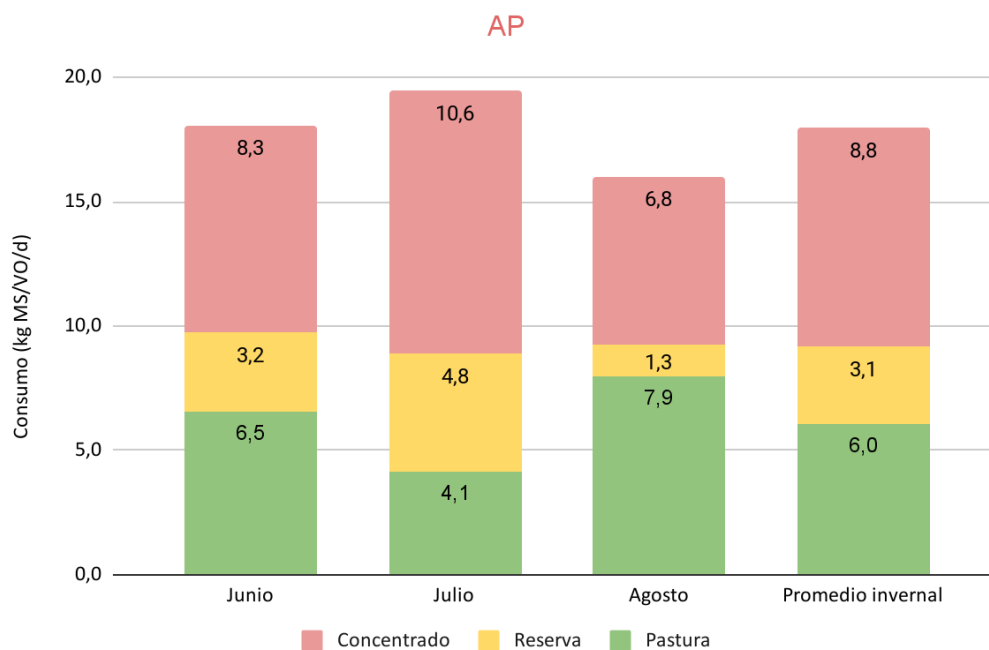
El mayor consumo de pasto individual se dio en el mes de junio, lo que resulta acorde a que en la mayoría de los días se realizaron pastoreos a doble turno. En julio el consumo de pasto disminuye, y aumenta el de las reservas, dado

que el pastoreo se reduce a un turno, mientras que el consumo de pasto en agosto fue intermedio. De todas formas, en promedio, la pastura representó el 50% de la dieta del lote en invierno. El consumo de concentrados fue más estable a lo largo de la estación, representando el 40% de la dieta, mientras que las reservas fueron solo el 10%. Aunque uno de los objetivos del sistema BC fue que la totalidad de esas reservas fueran cosechadas dentro de la PPVO, en el periodo del experimento las mismas fueron importadas desde afuera. El importante déficit hídrico sufrido en la primavera y verano previos (figura 6), implicó una menor producción de reservas y mayor tiempo sin pastorear que lo previsto, por lo que aumentó el consumo de las mismas, y se comprometió el stock de estas.

En la figura 18 se presenta la estructura de alimentación individual mensual del lote AP y el promedio invernial.

Figura 18

Consumo individual diario y su composición para el tratamiento AP (kg MS/VO/d)



El mayor consumo de pasto se dio en el mes de agosto, donde el lote estuvo más días a doble turno de pastoreo. En el mes de julio, donde el lote se mantuvo a un turno de pastoreo y varios días de encierro, fue cuando se dieron los menores consumos de forraje. En el mes de junio, el lote se mantuvo a un turno de pastoreo, generando un consumo intermedio de forraje. El consumo de reservas aumentó en los meses donde se consumió menos pasto. La cantidad de concentrado consumido también fue variable, siendo mayor en los meses de menor consumo de forraje y viceversa. En este lote, la pastura representó un 34% de la dieta, la reserva 17% y el concentrado 49%, notoriamente distinto al lote BC.

Tabla 12

Consumo individual promedio invernal (kg MS/VO/d) para ambos lotes

	BC	AP
<i>Consumo total promedio invernal (kg MS/VO/d)</i>	17,0 a	17,9 a

No se encontró efecto de los tratamientos sobre el consumo individual total (kg MS/VO/d), con un p-valor de 0,072. Pero sí se encontraron diferencias significativas para el consumo individual de pastura, reserva y concentrado con p-valor < 0,0001.

Manejar distintas cargas conlleva diferentes estructuras de alimentación. Ambos sistemas presentaron la misma producción y cosecha de forraje por hectárea, pero las distintas cargas significaron un consumo individual de forraje diferente. Comparativamente, cada vaca del lote BC consumió 2,6 kg MS más de forraje que las del AP. Dada esta diferencia, para mantener el mismo consumo total individual para ambos lotes, fue necesario cubrir los requerimientos con otros alimentos. Esta diferencia en el forraje fue cubierta tanto con reservas como con concentrados.

4.8. Producción de leche

Tabla 13

Producción individual diaria de leche (kg/VO/d) promedio mensual e invernal para ambos lotes

<i>Producción individual (kg/VO/d)</i>	BC	AP
Junio	23,2	22,6
Julio	24,4	23,4
Agosto	25,5	23,9
Promedio invernal	24,3 a	23,3 b

Nota. Elaborado a partir de datos Dairy Plan (G. Ortega, comunicación personal, s.f.). Valores con diferentes letras implican una diferencia significativa con p-valor < 0,05.

En la tabla 13 se presentan los datos de producción individual de leche promedio mensuales e invernal para ambos tratamientos, y se observa que los mismos tuvieron un efecto significativo en esta variable. Dado el manejo de la alimentación que se realizó durante el experimento, esta diferencia no era esperable. Además, el programa Dairy Plan no tuvo registros de todos los días, ni de todos los animales de ambos lotes para el período en experimentación. De todos modos, este análisis requiere una visión en conjunto de la producción de leche, los tiempos de encierro y la estructura de alimentación de ambos sistemas. Ya que el AP tuvo mayor tiempo de encierro y por ende, una mayor necesidad de suplementación para sustituir la pastura, esta diferencia en la producción individual podría explicarse por una sustitución ineficiente, dada la calidad de la reserva y de la infraestructura para el suministro de la misma.

Estas producciones individuales resultan de intermedias a altas para los biotipos utilizados. El promedio invernal del lote BC fue 14% y el del AP un 10% superiores al presentado por PPC 2023 para los meses de junio, julio y agosto de 2022.

Tabla 14

Producción de leche mensual y acumulado invernal por hectárea (kg/ha PPVO) para ambos lotes

Producción de leche (kg/ha PPVO)	BC	AP
Junio	1127	1773
Julio	1497	2193
Agosto	1609	2390
Acumulado invernal	4234 b	6357 a

Nota. Elaborado a partir de datos del Dairy Plan (G. Ortega, comunicación personal, s.f.). Valores con letras diferentes implican diferencias significativas con p -valor $<0,05$.

En la tabla 14, se presenta la productividad de leche (kg/ha PPVO) para ambos sistemas. Los tratamientos presentaron un efecto significativo, siendo mayor al aumentar la carga. Este resultado es acorde a lo esperado para el experimento y a lo presentado por Macdonald et al. (2008), Fariña et al. (2011), Patton et al. (2016) y Ortega et al. (2024). La productividad mensual de ambos lotes aumentó a lo largo del invierno, vinculado al aumento en la carga. Por otro lado, la productividad de ambos sistemas durante el invierno, resultaron muy superiores a los 2360 kg/ha PPVO presentados en PPC 2023 para la misma época. Esto es resultado de la estructura de alimentación, que permitió manejar

Tabla 15

Porcentaje de sólidos (grasa y proteína) en leche durante el invierno para ambos lotes

	BC	AP
Grasa	5,0 % a	5,1 % a
Proteína	3,9 % a	3,8 % a

Nota. Elaborado con datos extraídos de los controles lecheros mensuales. Valores con la misma letra implican que no existen diferencias significativas con p -valor $>0,05$.

En la tabla 15 se observan los contenidos de grasa y proteína en leche promedio invernal para ambos sistemas. No se hallaron diferencias significativas sobre esta variable, con p -valores de 0,713 y 0,389 para grasa y proteína respectivamente. Estos valores son superiores a los presentados por PPC 2023, siendo los mismos de 3,9% de grasa y 3,5% de proteína. Aquí se ven reflejados

los efectos del biotipo y de la alimentación de los lotes manejados en el experimento.

Tabla 16

Producción de sólidos grasa y proteína por hectárea (kg/ha PPVO) para ambos lotes

<i>Producción de sólidos (kg/ha PPVO)</i>	BC	AP
Junio	100	154
Julio	133	194
Agosto	135	205
Acumulado invernal	367 b	553 a

Nota. Elaborado con datos extraídos de los controles lecheros mensuales. Valores con letras diferentes implican que existen diferencias significativas con p -valor < 0,05.

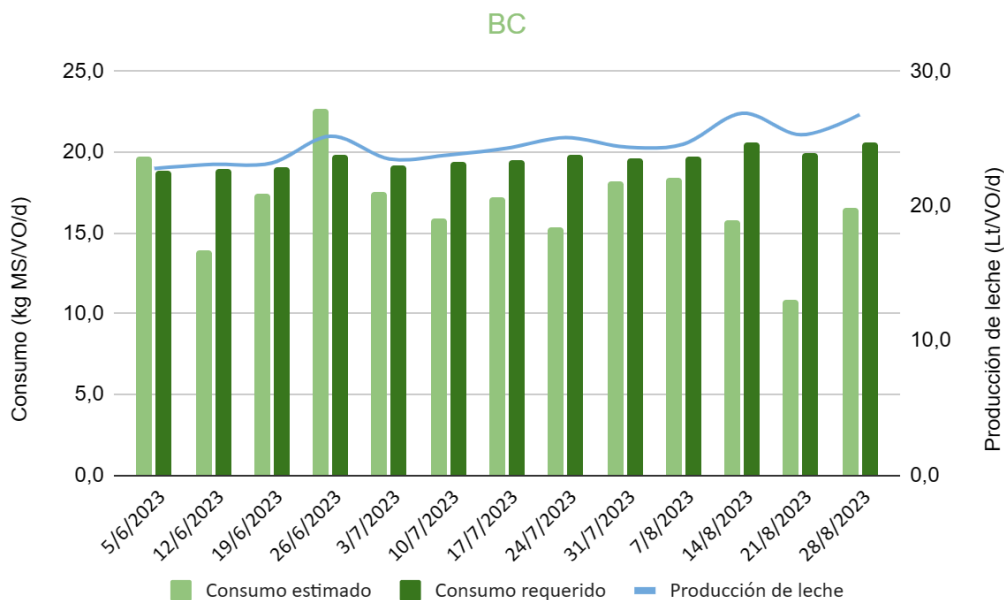
En la tabla 16 se presenta la producción de sólidos por hectárea mensual invernal para cada sistema. Ésta sigue la misma tendencia de productividad de leche por hectárea, la cual aumenta al aumentar la carga, con diferencia significativa por los tratamientos, resultando, a su vez, superiores a las de PPC 2023.

4.9. Estimación de consumo total mediante balance energético

Se utilizó el programa que se indica en NRC (2001) para realizar la estimación de consumo de materia seca mediante balance energético. Para esto, se utilizaron datos de los lotes de producción diaria de leche, PV, días post parto y porcentaje de sólidos en leche. De esta forma se pueden comparar ambas estimaciones de consumo diario.

Figura 19

Consumo diario individual estimado y requerido, y producción de leche diaria invernales del tratamiento BC

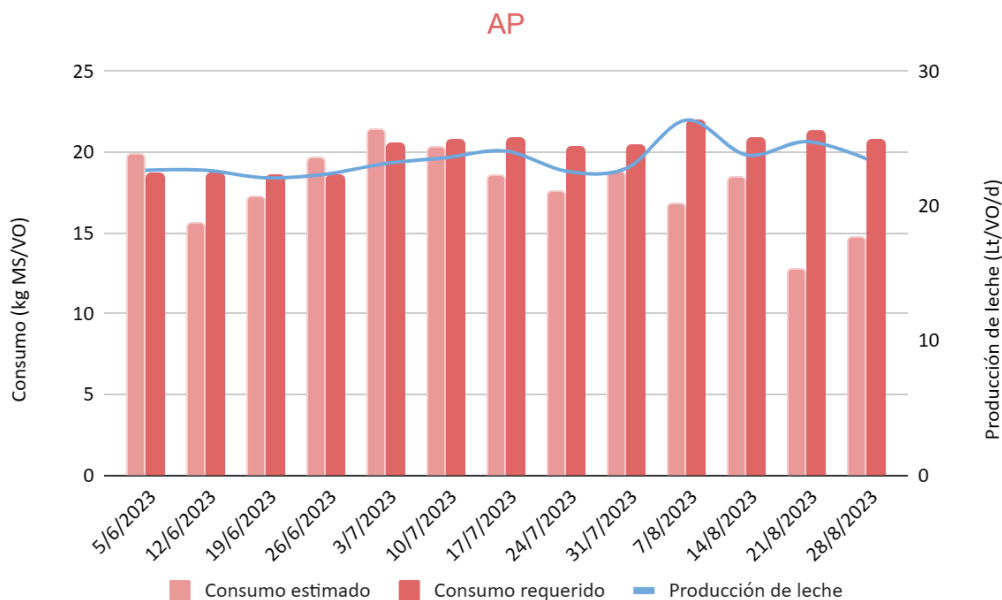


Nota. El consumo requerido hace referencia al consumo en kg MS necesarios para alcanzar la producción de leche obtenida, estimado a través del programa indicado en NRC (2001).

Al comparar el consumo diario estimado mediante el C-Dax y datos de oferta de reservas y concentrados con la estimación mediante balance energético, se puede observar que, de las 13 semanas evaluadas, únicamente en 2 de ellas, el consumo estimado inicialmente resultó por encima del requerido por balance de energía. En promedio, por día, los animales requirieron 2,7 kg de MS más que los estimados. Además, este consumo parece inconsistente con respecto a la producción de leche obtenida, sobre todo en algunas semanas. Si bien no hay datos del consumo de reservas y se realizó una estimación del 15% de rechazo, en general, coincide que en las semanas en las que el consumo estimado es insuficiente para la producción obtenida, el lote se encontraba mayormente realizando pastoreos a doble turno, con un consumo de reservas mínimo.

Figura 20

Consumo diario individual estimado y requerido, y producción de leche diaria invernales del tratamiento AP



Nota. El consumo requerido hace referencia al consumo en kg MS necesarios para alcanzar la producción de leche obtenida, estimado a través del programa indicado en NRC (2001).

Con el sistema AP, la comparación entre estimaciones de consumo muestran la misma tendencia que el BC, y, en promedio las vacas de este lote requirieron 2,3 kg MS/VO/d más según las producciones de leche. Para este sistema, también coincide que en las semanas que el consumo estimado es notoriamente más bajo, los animales estaban a doble turno de pastoreo.

Esto podría demostrar limitantes en el método de estimación de consumo de forraje a través de mediciones en la pastura con C-Dax, y da a pensar que la cosecha y la utilización de la pastura podrían haber sido mayores a las presentadas en las figuras 15 y 16 y tabla 8.

5. CONCLUSIONES

En la estación de invierno fue posible implementar sistemas de 1,8 y 3,0 VO/ha PPVO con distintas estrategias de alimentación y complejidad operativa y obtener resultados productivos por encima de los registros de PCC.

La producción y cosecha de forraje para ambos sistemas BC y AP resultó igual, sustentado por un manejo ajustado de la suplementación y la gestión del pastoreo, y se tradujeron en valores de cosecha de forraje por encima del promedio nacional para el invierno, explicado también por una rotación enfocada en la estabilidad y la producción de forraje.

Se resalta la importancia del monitoreo semanal, contar con herramientas calibradas, tomar decisiones en base a información y tener criterios claros, respetando condición fisiológica de las plantas y aspectos del comportamiento del pastoreo en los animales. En el manejo del pastoreo, mantener un stock objetivo, el enfoque en consumir el crecimiento y el control en las disponibilidades de entrada y de salida tienen un rol fundamental para lograr altas producciones y cosechas de forraje.

Las distintas oportunidades de pastoreo y necesidades de encierro determinaron durante el invierno, que el sistema AP tuviera mayor tiempo en encierro que el BC. Este valor, deja en evidencia la necesidad de contar con infraestructura adecuada para los lugares de encierro, patio de alimentación, agua y sombra, lo que toma un rol preponderante para poder obtener buenos resultados productivos en sistemas que deciden incrementar la carga animal.

En referencia a las estructuras de alimentación, el sistema AP requirió mayores niveles de suplementación (reservas y concentrados), siendo necesaria la capacidad de producción o importación al sistema de los mismos. En cambio, para el BC, que debe producir sus reservas dentro de la PPVO, la rotación y ajuste de la carga resultan claves para cumplir los objetivos en la primavera, dependiendo de las condiciones climáticas y la oportunidad de cosecha mecánica. A su vez, como este sistema solo puede suministrar henolaje, queda limitada la capacidad de almacenar reservas por un período largo de tiempo.

Con respecto a la producción individual, los animales del lote AP presentaron en promedio una menor producción individual que los del lote BC, sin embargo, esa menor producción individual repercutió en mayor productividad por el efecto de poseer un 60% más de carga animal. Además, es de resaltar que las producciones individuales de ambos sistemas para el invierno, fueron superiores a los valores reportados por PPC.

Ambos sistemas presentaron productividades por hectárea elevadas, por encima de la media nacional. A su vez, la productividad aumentó con la carga. Lograr estas elevadas producciones de leche con altas cosechas de forraje, resultan en una estrategia interesante de intensificación para obtener buenos resultados productivos, sobre todo teniendo en cuenta un sistema como el BC que no necesita inversión en infraestructura y alcanza a posicionarse en el 25% superior de los sistemas más competitivos de la industria.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aguerre, M., Cajarville, C., La Manna, A., Cavestany, D., Mendoza, A., Mattiauda, D., Carriquiry, M., Repetto, J. L., Meikle, A., & Chilbroste, P. (2017). *Estrategias de alimentación de vacas lecheras en pastoreo: ¿Qué hemos aprendido de los sistemas comerciales y qué hemos generado desde la investigación en Uruguay?* ANII; Universidad de la República; Conaprole; INIA; CRI; INALE.
- Aguerre, M., Méndez, M., Torterolo, S., & Chilbroste, P. (2018). *Pasture base dairy intensification: The role of growth strategy (stocking rate vs. individual milk production)* [Poster]. Annual Meeting, Integrating Dairy Science Globally, Knoxville, Tennessee.
<https://m.adsa.org/2018/abs/t/73876>
- Allden, W. G., & Whittaker, I. A. (1970). The determinants of herbage intake by grazing sheep: The interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. *Australian Journal of Agricultural Research*, 21(5), 755-766.
- Barboza, N. (2022). Cadena láctea: Situación y perspectiva. En *Anuario OPYPA 2022* (pp. 107-121). MGAP. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/anuario-opypa-2022/analisis-sectorial-cadenas-productivas/cadena-lactea>
- Bargo, F., Muller, L. D., Kolver, E. S., & Delahoy, J. E. (2003). Invited review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *Journal of Dairy Science*, 86(1), 1-42. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73581-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73581-4)
- Baudracco, J., López-Villalobos, N., Holmes, C. W., & Macdonald, K. A. (2010). Effects of stocking rate, supplementation, genotype and their interactions on grazing dairy systems. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 53(2), 109-133. <https://doi.org/10.1080/00288231003777665>
- Baudracco, J., López-Villalobos, N., Romero, L. A., Scandolo, D., Maciel, M., Comeron, E. A., Holmes, C. W., & Barry, T. N. (2011). Effects of stocking rate on pasture production, milk production and reproduction of supplemented crossbred Holstein–Jersey dairy cows grazing lucerne pasture. *Animal Feed Science and Technology*, 168(1-2), 131-143. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.03.017>
- Cajarville, C., Mendoza, A., Santana, A., & Repetto, J. L. (2012). En tiempos de intensificación productiva[---] ¿Cuánto avanzamos en el conocimiento de los nuevos sistemas de alimentación de la vaca lechera? *Veterinaria*, 48(s1), 35-39.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11770/1/AUPA-2012-35-39-Cajarville.pdf>
- Cangiano, C., & Brizuela, M. (2011). *Producción animal en pastoreo* (2ª ed.). INTA.
- Carámbula, M. (1991). *Aspectos relevantes para la producción forrajera*. INIA.

- Catchpole, W. R., & Wheeler, C. J. (1992). Estimating plant biomass: A review of techniques. *Australian Journal of Ecology*, 17(2), 121-131.
<https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1992.tb00790.x>
- Chilibroste, P., & Battegazzore, G. (2014). *Proyecto producción competitiva*. Conaprole.
- Chilibroste, P., & Battegazzore, G. (2019). *Proyecto producción competitiva 2013-2018*. Conaprole.
- Chilibroste, P., Bruni, M. A., Favre, E., Mattiauda, D. A., & Soca, P. (2008). Tecnología para la producción de leche en los últimos 15 años: Aportes desde la EEMAC. *Cangüé*, (30), 36-44.
- Chilibroste, P., Gibb, M. J., Soca, P., & Mattiauda, D. A. (2015). Behavioural adaptation of grazing dairy cows to changes in feeding management: Do they follow a predictable pattern? *Animal Production Science*, 55, 328-338.
- Chilibroste, P., Gibb, M., & Tamminga, S. (2005). Pasture characteristics and animal performance. En J. Dijkstra, J. M. Forbes, & J. France (Eds.), *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism* (2^a ed., pp. 681-706). CABI.
- Chilibroste, P., Mattiauda, D. A., Bentancur, O., Soca, P., & Meikle, A. (2012). Effect of herbage allowance on grazing behavior and productive performance of early lactation primiparous Holstein cows. *Animal Feed Science and Technology*, 173 (3-4), 201-209. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.02.001>
- Clark, D. A., & Kanneganti, V. R. (1998). Grazing management systems for dairy cattle. En J. H. Cherney & D. J. Cherney (Eds.), *Grass for dairy cattle* (pp. 311-334). CABI.
- Coffey, E. L., Delaby, L., Fitzgerald, S., Galvin, N., Pierce, K. M., & Horan, B. (2017). Effect of stocking rate and animal genotype on dry matter intake, milk production, body weight, and body condition score in spring-calving, grass-fed dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(9), 7556-7568.
<https://doi.org/10.3168/jds.2017-12672>
- Cullen, B. R., Chapman, D. F., & Quigley, P. E. (2006). Comparative defoliation tolerance of temperate perennial grasses. *Grass and Forage Science*, 61(4), 405-412. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2006.00548.x>
- Custodio, D. (2022). *Efectos del incremento de carga en variables bio-económicas en sistemas de producción de leche* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Delaby, L., Peyraud, J. L., Foucher, N., & Michel, G. (2003). The effect of two contrasting grazing managements and level of concentrate supplementation on the performance of grazing dairy cows. *Animal Research*, 52(5), 437-460. <https://doi.org/10.1051/animres:2003030>

- Dillon, P., Crosse, S., Stakelum, G., & Flynn, F. (1995). The effect of calving date and stocking rate on the performance of spring-calving dairy cows. *Grass and Forage Science*, 50(3), 286-299. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1995.tb02324.x>
- Durán, A. (Coord.). (1976). *Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay 1:1.000.000*. MAP https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/Carta%20de%20Reconocimiento%20de%20Suelos%20del%20Uruguay%201.1.000.000_0.pdf
- Durán, H. (1992). Productividad y alternativas de rotaciones forrajeras para producción de leche. *Revista INIA de Investigaciones Agropecuarias*, 1(2), 189-204.
- Fales, F. L., Muller, L. D., Ford, S. A., O'Sullivan, M., Hoover, R. J., Holden, L. A., Lanyon, L. E., & Buckmaster, D. R. (1995). Stocking rate affects production and profitability in a rotationally grazed pasture system. *Journal of Production Agriculture*, 8(1), 88-96. <https://doi.org/10.2134/jpa1995.0088>
- Fariña, S. R., & Chilibroste, P. (2019). Opportunities and challenges for the growth of milk production from pasture: The case of farm systems in Uruguay. *Agricultural Systems*, 176, Artículo e102631. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.05.001>
- Fariña, S. R., Garcia, S. C., Fulkerson, W. J., & Barchia, I. M. (2011). Pasture-based dairy farm systems increasing milk production through stocking rate or milk yield per cow: Pasture and animal responses. *Grass and Forage Science*, 66(3), 316-332. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2011.00795.x>
- Fariña, S. R., Tuñon, G., Pla, M., & Martínez, R. (2017). *Sistema de manejo de pastoreo La Estanzuela: Guía práctica para la implementación de un sistema de pastoreo*. INIA.
- Ferguson, J. D., Galligan, D. T., & Thomsen, N. (1994). Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 77, 2695-2703. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77212-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77212-X)
- Ganche, E., O'Donovan, M., Delaby, L., Boland, T. M., & Kennedy, E. (2014). Does post-grazing sward height influence sward characteristics, seasonal herbage dry-matter production and herbage quality? *Grass and Forage Science*, 70(1), 130-143. <https://doi.org/10.1111/gfs.12113>
- Gibb, M. J., Huckle, C. A., Nuthall, R., & Penning, P. D. (1996). *Can grazed pasture meet the needs of the high genetic merit dairy cow?* [Contribución]. Grass and Forage for Cattle of High Genetic Merit, British Grassland Society Conference, Great Malvern.

- Gibb, M. J., Huckle, C. A., Nuthall, R., & Rook, A. J. (1999). The effect of physiological state (lactating or dry) and sward surface height on grazing behavior and intake by dairy cows. *Applied Animal Behavior Science*, 63(4), 269-287. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(99\)00014-3](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(99)00014-3)
- Google. (2024). [Centro Regional Sur, Progreso, Canelones, Uruguay. Mapa.] Recuperado el 15 de marzo de 2024, de [https://www.google.com.uy/maps/place/Centro+Regional+Sur+\(CRS\),+Facultad+de+Agronom%C3%ADa/@-34.6305221,-56.2219551,23559m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x95a1cb3baf51fd0f:0x892ce43193f5f9a1!8m2!3d-34.6133106!4d-56.2175821!16s%2Fg%2F1hc2h77tr!5m2!1e4!1e2?hl=es-419&coh=208015&entry=tt](https://www.google.com.uy/maps/place/Centro+Regional+Sur+(CRS),+Facultad+de+Agronom%C3%ADa/@-34.6305221,-56.2219551,23559m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x95a1cb3baf51fd0f:0x892ce43193f5f9a1!8m2!3d-34.6133106!4d-56.2175821!16s%2Fg%2F1hc2h77tr!5m2!1e4!1e2?hl=es-419&coh=208015&entry=tt)
- Hazard, S. (2004). Alimentación de vacas lecheras. *Boletín INIA*, (112), 52-60. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7003/NR31866.pdf?sequence=11>
- Holmes, C. W., & Roche, J. R. (2007). Pastures and supplements in dairy production systems. En P. V. Rattray, I. M. Brookes, & A. M. Nicol (Eds.), *Pastures and supplements for grazing animals* (pp. 221-242). NZSAP.
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (s.f.). *Banco de datos agroclimáticos*. <https://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2020). *Proyecto 10-MIL (Módulos de Intensificación Lechera)*. <http://inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20La%20Esteranza/Actividades%202020/Proyecto%2010-MIL%20-%20Presentaci%C3%B3n%20resultados%20primer%20y%20segundo%20a%C3%B1o%20web%20INIA%20vsf.pdf>
- Instituto Nacional de la Leche. (2024). *Capítulo fase primaria: Situación y perspectivas de la lechería uruguaya 2023*. <https://www.inale.org/wp-content/uploads/2024/04/Informe-sector-primario.pdf>
- Instituto Nacional de la Leche & Oficina de Políticas Agropecuarias. (2019). *Encuesta Lechera 2019: Resultados preliminares*. https://www.inale.org/wp-content/uploads/2021/06/Resultados-Preliminares-Encuesta-2019_v1.xlsx
- La Manna, A. (2008). El enfoque de INIA en investigación para el sector lechero. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Jornada de actualización técnica en Lechería "para una lechería eficiente"* (pp. 1-7).
- Leborgne, R. (1984). *Antecedentes técnicos y metodología para presupuestación en establecimientos lecheros*. Hemisferio Sur.
- Lussich, F. (2020). *Variabilidad de la fijación biológica de nitrógeno de leguminosas forrajeras en Uruguay: Posibles causas y consecuencias nutricionales* [Tesis de maestría]. Universidad de la República.

- Macdonald, K. A., Penno, J. W., Lancaster, J. A. S., & Roche, J. R. (2008). Effect of stocking rate on pasture production, milk production, and reproduction of dairy cows in pasture-based systems. *Journal of Dairy Science*, *91*(5), 2151-2163. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0630>
- 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 qué problemas contribuye a solucionar? En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Ed.), *XXXVII Jornadas Uruguayas de Buiatría* (pp. 96-110).
- Méndez, M. N., Grille, L., Mendina, G. R., Robinson, P. H., Adrien, M. L., Meikle, A., & Chilibroste, P. (2023). Performance of autumn and spring calving holstein dairy cows with different levels of environmental exposure and feeding strategies. *Animals*, *13*(7), Artículo e1211. <https://doi.org/10.3390/ani13071211>
- Menegazzi, G., Giles, P. Y., Oborsky, M., Fast, O., Mattiauda, D. A., Genro, T. C. M., & Chilibroste, P. (2021). Effect of post-grazing sward height on ingestive behavior, dry matter intake, and milk production of holstein dairy cows. *Frontiers in Animal Science*, *2*, Artículo e742685. <https://doi.org/10.3389/fanim.2021.742685>
- National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle* (7th ed.). National Academy Press.
- Observatorio de la Cadena Láctea Argentina. (2024). *Lechería mundial: Principales aspectos*. <https://www.ocla.org.ar/portafolio/8/>
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2015). *Anuario estadístico agropecuario 2015*. MGAP.
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias (2020). *Estadísticas del sector lácteo 2019*. MGAP.
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2023). *Anuario estadístico agropecuario 2023*. MGAP.
- Ortega, G., Berberian, N., & Chilibroste, P. (2024). The effects of stocking rate, residual sward height, and forage supplementation on forage production, feeding strategies, and productivity of milking dairy cows. *Frontiers in Animal Science*, *5*, Artículo e1319150. <https://doi.org/10.3389/fanim.2024.1319150>
- Ortega, G., Chilibroste, P., Garrido, J. M., Waller, A., Fariña, S. R., & 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*, *161*(4), 502-511. <https://doi.org/10.1017/S0021859623000333>
- Paredes, I., & Rodio, F. (2022). *Evaluación del pastoreo en franjas matutina y vespertina frente a franjas de más de un día de ocupación sobre la producción de leche de vacas Holando* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.

- Patterson, D. M., McGilloway, D. A., Cushnahan, A., Mayne, C. S., & Laidlaw, A. S. (1998). Effect of duration of fasting period on short-term intake rates of lactating dairy cows. *Animal Science*, *66*(2), 299-305. <https://doi.org/10.1017/S1357729800009425>
- Patton, D., Pierce, K. M., & Horan, B. (2016). Effect of stocking rate on milk and pasture productivity and supplementary feed use for spring calving pasture fed dairy systems. *Journal of Dairy Science*, *99*(7), 5904-5915. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10305>
- Pravia, M. I., Montossi, F., Gutiérrez, D., Ayala, W., Andregnette, B., Ivernizzi, 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. En F. Montossi (Ed.), *Invernada de precisión: Pasturas, calidad de carne, genética, gestión empresarial e impacto ambiental (GIPROCAR II)* (pp. 31-67). INIA.
- Pereira, I., Laborde, D. J., Carriquiry, M., López-Villalobos, N., & Meikle, A. (2010). Productive and reproductive performance of Uruguayan Holstein and Uruguayan Holstein x New Zealand Holstein Friesian cows in a predominantly pasture-based system. *Proceedings New Zealand Society of Animal Production*, *70*, 306-310.
- Ramsbottom, G., Horan, B., Berry, B., & Roche, J. R. (2015). Factors associated with the financial performance of spring-calving, pasture-based dairy farms. *Journal of Dairy Science*, *98*(5), 3526-3540. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8516>
- Sanderson, M. A., Rotz, C. A., Fultz, S. W., & Rayburn, E. B. (2001). Estimating forage mass with a commercial capacitance meter, rising plate meter, and pasture ruler. *Agronomy Journal*, *93*(6), 1281-1286. <https://doi.org/10.2134/agronj2001.1281>
- Waller, A. (2020). *Análisis de metodología para el monitoreo de pasturas en predios comerciales* [Tesis de maestría]. Universidad de la República.