

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN EN SISTEMAS PASTORILES
INTENSIVOS DE PRODUCCIÓN DE LECHE CONTRASTANTES EN
INVERSIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y SIMPLICIDAD OPERATIVA**

por

Micaela Abril PICCO VARGAS

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2024**

Página de aprobación

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

Ing. Agr. MSc. Gastón Ortega

Ing. Agr. PhD. Pablo Chilibroste

Tribunal:

Ing. Agr. Juan Manuel Garrido

Fecha:

26 de setiembre de 2024

Estudiante:

Micaela Abril Picco Vargas

Agradecimientos

En primer lugar, a mi tutor de tesis de grado Ing. Agr. MSc. Gastón Ortega por haberme brindado la oportunidad de concurrir y aprender en el Centro Regional Sur (CRS) junto con él y todo el equipo.

También un especial agradecimiento a los funcionarios del tambo del Centro Regional Sur (CRS) de Facultad de Agronomía por la disposición y colaboración en el transcurso del trabajo.

Finalmente quiero expresar mi agradecimiento a mi familia por su constante apoyo desde que decidí estudiar agronomía, así como a mis amigos por estar siempre a mi lado. Quiero destacar especialmente a Candela, quien ha sido mi compañera de viaje y un pilar fundamental en este camino que hemos compartido juntas.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| PÁGINA DE APROBACIÓN..... | 2 |
| AGRADECIMIENTOS | 3 |
| LISTA DE FIGURAS Y TABLAS..... | 6 |
| RESUMEN..... | 8 |
| SUMMARY | 9 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 10 |
| 1.1 OBJETIVOS..... | 11 |
| 1.1.1 <i>Generales</i> | 11 |
| 1.1.2 <i>Específicos</i> | 11 |
| 1.2 HIPÓTESIS..... | 11 |
| 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 12 |
| 2.1 PRODUCCIÓN DE LECHE Y SÓLIDOS..... | 12 |
| 2.2 ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN..... | 12 |
| 2.3 SISTEMAS ESTABULADOS..... | 12 |
| 2.4 SISTEMAS PASTORILES..... | 13 |
| 2.4.1 <i>Métodos de pastoreo</i> | 14 |
| 2.4.2 <i>Limitantes de los sistemas pastoriles</i> | 14 |
| 2.4.3 <i>Ventajas de los sistemas pastoriles</i> | 15 |
| 2.5 LA CARGA ANIMAL EN EL SISTEMA PASTORIL..... | 16 |
| 2.6 EL ROL DE LAS PASTURAS EN URUGUAY | 18 |
| 2.6.1 <i>Contexto</i> | 18 |
| 2.6.2 <i>Crecimiento de las pasturas</i> | 18 |
| 2.6.3 <i>Nivel de cosecha de forraje</i> | 19 |
| 2.7 PLANIFICACIÓN DEL USO DEL FORRAJE..... | 20 |
| 2.7.1 <i>Stock de forraje en el área de pastoreo</i> | 21 |
| 2.7.2 <i>Tasa de crecimiento</i> | 21 |
| 2.7.3 <i>Recorrida</i> | 21 |
| 2.7.4 <i>Rotación</i> | 22 |
| 2.7.5 <i>Remanentes</i> | 22 |
| 2.8 ESTIMACIÓN DE BIOMASA..... | 22 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS | 23 |
| 3.1 LOCALIZACIÓN Y PERIODO EXPERIMENTAL | 23 |
| 3.2 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA | 23 |
| 3.3 ROTACIÓN FORRAJERA..... | 24 |
| 3.3.1 <i>Control de malezas</i> | 25 |
| 3.3.2 <i>Manejo del estado reproductivo de las pasturas</i> | 25 |
| 3.3.3 <i>Fertilización</i> | 25 |
| 3.4 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS | 26 |
| 3.4.1 <i>Sistema bajo costo (BC)</i> | 26 |
| 3.4.2 <i>Sistema alta productividad (AP)</i> | 26 |
| 3.4.3 <i>Rutina de los rodeos</i> | 26 |
| 3.5 BLOQUEADO DE LOS LOTES..... | 27 |
| 3.5.1 <i>Descripción de los lotes</i> | 27 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.5.2 | <i>Distribución de partos</i> | 27 |
| 3.6 | DETERMINACIONES EN LOS ANIMALES..... | 28 |
| 3.6.1 | <i>Producción de leche</i> | 28 |
| 3.6.2 | <i>Peso vivo y condición corporal</i> | 28 |
| 3.7 | MANEJO DEL PASTOREO | 28 |
| 3.7.1 | <i>Toma de decisiones</i> | 29 |
| 3.7.2 | <i>Método de pastoreo</i> | 30 |
| 3.8 | ALIMENTACIÓN DEL RODEO | 30 |
| 3.8.1 | <i>Determinaciones de los alimentos</i> | 31 |
| 3.9 | TIEMPOS OPERATIVOS..... | 31 |
| 3.10 | ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 32 |
| 4. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 33 |
| 4.1 | PRODUCCIÓN Y COSECHA DE FORRAJE | 33 |
| 4.1.1 | <i>Asignación de forraje y utilización</i> | 35 |
| 4.1.2 | <i>Stock</i> | 37 |
| 4.1.3 | <i>Prepastoreo y remanente</i> | 38 |
| 4.2 | ESTRUCTURA DE ALIMENTACIÓN | 40 |
| 4.2.1 | <i>Consumo individual</i> | 40 |
| 4.2.2 | <i>Consumo por hectárea</i> | 43 |
| 4.3 | PESO VIVO Y CONDICIÓN CORPORAL | 44 |
| 4.3.1 | <i>Peso vivo</i> | 44 |
| 4.3.2 | <i>Condición corporal</i> | 47 |
| 4.4 | PRODUCCIÓN DE LECHE Y PRODUCTIVIDAD | 48 |
| 4.4.1 | <i>Producción individual de sólidos</i> | 48 |
| 4.4.2 | <i>Productividad por hectárea</i> | 52 |
| 4.5 | TIEMPOS OPERATIVOS..... | 55 |
| 5. | CONCLUSIONES | 58 |
| 6. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 59 |
| 7. | ANEXOS | 64 |

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 1 | <i>Ubicación del CRS</i> | 23 |
| Figura 2 | <i>Precipitaciones y balance hídrico 2021</i> | 24 |
| Figura 3 | <i>Distribución de potreros para BC y AP</i> | 25 |
| Figura 4 | <i>Distribución de partos según tratamiento</i> | 28 |
| Figura 5 | <i>Tasas de crecimiento en el área de plataforma de pastoreo mensual</i> | 33 |
| Figura 6 | <i>Producción y cosecha de forraje para los sistemas AP y BC en el área de plataforma de pastoreo</i> | 34 |
| Figura 7 | <i>Stock de los sistemas BC y AP (kgMS/haSEP)</i> | 37 |
| Figura 8 | <i>Prepastoreos y remanentes en los tratamientos BC y AP</i> | 38 |
| Figura 9 | <i>Turnos de pastoreo en BC y AP</i> | 39 |
| Figura 10 | <i>Tiempos de pastoreo y encierro en el tratamiento AP</i> | 40 |
| Figura 11 | <i>Tiempos de pastoreo y encierro en el tratamiento BC</i> | 40 |
| Figura 12 | <i>Estructura de alimentación mensual para cada tratamiento</i> | 42 |
| Figura 13 | <i>Estructura de alimentación del tratamiento BC promedio para el periodo</i> | 43 |
| Figura 14 | <i>Estructura de alimentación del tratamiento AP promedio para el periodo</i> | 43 |
| Figura 15 | <i>Estructura de alimentación kgMS/haSEP/mes</i> | 44 |
| Figura 16 | <i>Peso vivo expresado como kg/VO y kg/haPP</i> | 45 |
| Figura 17 | <i>Producción individual de leche/VO/d</i> | 49 |
| Figura 18 | <i>Producción individual de sólidos</i> | 51 |
| Figura 19 | <i>Porcentaje de grasa y proteína en leche</i> | 52 |
| Figura 20 | <i>Producción de leche y sólidos por hectárea</i> | 53 |
| Figura 21 | <i>Producción de leche total en el periodo por haPP</i> | 54 |
| Figura 22 | <i>Producción de sólidos totales en el periodo por haPP</i> | 54 |
| Figura 23 | <i>Tiempos operativos en tratamiento BC</i> | 56 |
| Figura 24 | <i>Tiempos operativos en tratamiento AP</i> | 56 |
| | | |
| Tabla 1 | <i>Ventajas y desventajas de los sistemas de alimentación</i> | 16 |
| Tabla 2 | <i>Características de distintas rotaciones utilizadas en el país</i> | 19 |
| Tabla 3 | <i>Urea (kg/mes) para cada tratamiento</i> | 26 |
| Tabla 4 | <i>Proporción de animales según número de lactancia</i> | 27 |
| Tabla 5 | <i>Proporción de animales según biotipo</i> | 27 |
| Tabla 6 | <i>Tukey ($p < 0.05$) de TC por tratamiento</i> | 33 |
| Tabla 7 | <i>Tukey ($p < 0.05$) de cosecha directa/haSEP por tratamiento</i> | 34 |
| Tabla 8 | <i>Tukey ($p < 0.05$) de cosecha directa/haSEP mensual</i> | 35 |
| Tabla 9 | <i>Tukey ($p < 0.05$) de asignación/VO/d para cada tratamiento</i> | 35 |
| Tabla 10 | <i>Tukey ($p < 0.05$) de asignación/VO/d promedio mensual</i> | 35 |
| Tabla 11 | <i>Tukey ($p < 0.05$) de cosecha directa/VO/d mensual</i> | 36 |
| Tabla 12 | <i>Tukey ($p < 0.05$) de cosecha directa/VO/d por tratamiento</i> | 36 |
| Tabla 13 | <i>Producción total, cosecha total y utilización</i> | 36 |
| Tabla 14 | <i>Tukey ($p < 0.05$) de prepastoreo kgMS/haSEP/mes</i> | 38 |
| Tabla 15 | <i>Tukey ($p < 0.05$) de remanente kgMS/haSEP/mes</i> | 39 |
| Tabla 16 | <i>Tukey ($p < 0.05$) de reserva entre tratamientos</i> | 41 |
| Tabla 17 | <i>Tukey ($p < 0.05$) de reserva promedio mensual</i> | 41 |
| Tabla 18 | <i>Tukey ($p < 0.05$) de peso vivo entre tratamientos</i> | 45 |

| | |
|--|----|
| Tabla 19 <i>Tukey ($p < 0.05$) de peso vivo por hectárea entre tratamientos</i> | 45 |
| Tabla 20 <i>Comparación de carga, PV y sólidos con experimentos anteriores</i> | 46 |
| Tabla 21 <i>Tukey ($p < 0.05$) de condición corporal entre tratamientos</i> | 47 |
| Tabla 22 <i>Condición corporal en tratamiento BC y AP</i> | 47 |
| Tabla 23 <i>Tukey ($p < 0.05$) de producción de leche (kg/VO/d) entre tratamientos</i> | 48 |
| Tabla 24 <i>Tukey ($p < 0.05$) de producción de leche (kg/VO/d) promedio mensual</i> | 48 |
| Tabla 25 <i>Tukey ($p < 0.05$) de producción de grasa (kg/VO/d) entre tratamientos</i> | 50 |
| Tabla 26 <i>Tukey ($p < 0.05$) de producción de proteína (kg/VO/d) entre tratamientos</i> ... | 50 |
| Tabla 27 <i>Tukey ($p < 0.05$) de producción de sólidos totales (kg/VO/d) entre tratamientos</i> | 50 |
| Tabla 28 <i>Tukey ($p < 0.05$) de producción de proteína (%/VO/d) entre tratamientos</i> | 51 |
| Tabla 29 <i>Tukey ($p < 0.05$) de producción de grasa (%/VO/d) entre tratamientos</i> | 52 |
| Tabla 30 <i>Tukey ($p < 0.05$) de producción de producción de leche (kg/haPP/mes) entre tratamientos</i> | 53 |
| Tabla 31 <i>Tukey ($p < 0.05$) de producción de producción de sólidos (kg/haPP/mes) entre tratamientos</i> | 53 |
| Tabla 32 <i>Resumen de indicadores de producción</i> | 55 |

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en el Centro Regional Sur (CRS) de la Facultad de Agronomía, ubicado en el departamento de Canelones, Uruguay. El período experimental tuvo una duración de cuatro meses, comprendiendo datos obtenidos desde agosto hasta noviembre de 2021. El objetivo de esta investigación fue evaluar el impacto en las variables biofísicas de dos sistemas contrastantes en dedicación operativa, carga animal, estrategia de alimentación y estructura de costos de producción durante la estación de primavera de 2021.

Un sistema de 1,82 VO/haPP, sostenido principalmente con forraje producido en el sistema (dentro de la plataforma de pastoreo), utilizando un modelo forrajero de base perenne (sin incluir verdeo de verano), denominado "bajo costo" (BC), con un peso vivo (PV) promedio de 483 ± 20.5 kg PV y una carga de 892 kg PV/ha. Por otro lado, se implementó un sistema donde se priorizó la productividad (l/ha), lo que implicó un aumento de la carga animal (3,06 VO/haPP), con un PV promedio de 465 ± 27.2 kg y una carga de 1416 kg/haPP. Este sistema, denominado "alta productividad" (AP), requirió la importación de ensilaje de maíz y sorgo de áreas adyacentes.

La alimentación se basó en el consumo de pasto, ajustado a la tasa de crecimiento, complementado con suplementación en caso de que la demanda superara la oferta de forraje. El consumo de forraje se estimó por diferencia entre el pre y post-pastoreo con el C-Dax, para cada sesión de pastoreo. La estructura de alimentación en BC consistió en 582 kgMS/haPP/mes de forraje, 100 kgMS/haPP/mes de reserva y 321 kgMS/haPP/mes de concentrado, mientras que en AP fue de 780 kgMS/haPP/mes de forraje, 385 kgMS/haPP/mes de reserva y 540 kgMS/haPP/mes de concentrado. Con diferencias significativas en el consumo de forraje y reserva.

La producción de leche fue diferente significativamente entre tratamientos (1421 y 2159 kg de leche/haPP/mes para los sistemas BC y AP respectivamente). La producción de sólidos fue en promedio 109 kg de sólidos/ha en AP y 163 kg de sólidos /ha en BC.

La producción de forraje de ambos sistemas para primavera no mostró diferencias significativas, siendo de 4581 kg de MS/haPP en BC y 3772 kg de MS/haPP en AP. La cosecha global de forraje representó el 75% y 80% del forraje producido para BC y AP respectivamente, sin embargo, la eficiencia de cosecha instantánea estuvo entre el 25-30%. Los prepastoreos y remanentes no mostraron diferencias significativas. El stock de forraje promedio fue de 2498 kg de MS/haSEP en AP y 2488 kg de MS/haSEP en BC determinados con C-Dax. Estos resultados del sistema pastoril muestran la importancia del manejo independientemente de la carga, logrando valores iguales de eficiencia de cosecha y producción forrajera.

Palabras clave: lechería, producción de sólidos, tiempos operativos, estructura de alimentación, utilización del forraje

SUMMARY

This study was conducted at the Centro Regional Sur (CRS) of the Faculty of Agronomy, located in the department of Canelones, Uruguay. The experimental period lasted four months, comprising data obtained from August to November 2021. The objective of this research was to evaluate the impact on biophysical variables of two contrasting systems in operational dedication, animal stocking rate, feeding strategy, and production cost structure during the spring season of 2021.

A system with a stocking rate of 1.82 VO/haPP, sustained mainly with forage produced within the system (within the grazing platform), using a perennial-based forage model (excluding summer forage crops), called "low cost" (BC), with an average live weight (LW) of 483 ± 20.5 kg LW and a stocking rate of 892 kg LW/ha. On the other hand, a system was implemented where productivity (l/ha) was prioritized, which implied an increase in the stocking rate (3.06 VO /haPP), with an average LW of 465 ± 27.2 kg and a stocking rate of 1416 kg/haPP. This system, called "high productivity" (AP), required the importation of corn and sorghum silage from adjacent areas.

Feeding was based on pasture consumption, adjusted to the growth rate, supplemented with additional feed if demand exceeded supply. The available pre-grazing and post-grazing kgDM was measured with the C-Dax, allowing the calculation of pasture consumption in each paddock of both systems.

The feeding structure in BC consisted of 582 kgDM/haPP/month of forage, 100 kgDM/haPP/month of reserve, and 321 kgDM/haPP/month of concentrate, while in AP it was 780 kgDM/haPP/month of forage, 385 kgDM/haPP/month of reserve, and 540 kgDM/haPP/month of concentrate.

Milk production was 1421 and 2159 kg of milk/haPP/month for the BC and AP systems respectively. To estimate solid production, the milk composition (% fat and protein) analyzed in the Colaveco Laboratory was recorded, averaging 109 kg of solids in AP and 163 kg in BC.

The forage production of both systems showed no significant differences, being 4581 kg of DM/haPP in BC and 3772 kg of DM/haPP in AP. The overall harvest was 75% and 80% in BC and AP respectively, with an instant harvest between 25-30%. Pre-grazing and post-grazing did not show statistical differences between the systems. The average forage stock was 2498 kg of DM/haSEP in AP and 2488 kg of DM/haSEP in BC.

Keywords: dairy farming, solid production, operational times, feeding structure, forage utilization

1. INTRODUCCIÓN

La lechería en los últimos 30 años ha multiplicado por diez los volúmenes de leche remitidos, mostrando una tendencia clara de intensificación que combina mayor número de animales (VM) en menor área, mejor relación vaca ordeñe (VO)/VM y mejoras en la producción individual (Oficina de Estadísticas Agropecuarias [DIEA], 2021).

Uruguay es el séptimo exportador a nivel mundial, exportando el 70% de la leche procesada a nivel industrial, pero dada su pequeña escala de producción es tomador de precios. Sin embargo, el rubro se ubica en el 4° puesto de las exportaciones a nivel nacional contribuyendo con un 9,4% de los ingresos a nivel nacional por exportación de origen agropecuario (DIEA, 2021). Esto muestra la importancia de la lechería para la economía del país.

Dado al carácter netamente exportador de la cadena láctea, es clave que los sistemas orienten sus bases productivas en estrategias que estén dirigidas a diluir costos de producción. Uno de los mayores costos asociados a la producción lo constituye la alimentación del rodeo, en ese sentido la incorporación de mayores proporciones de forraje en la dieta logra este objetivo. Datos de los sistemas publicados por la industria nacional, han demostrado que los establecimientos que han aumentado el consumo de forraje por hectárea lo han acompañado con aumentos de la carga, lo que conlleva un incremento de la productividad de los sistemas. Sin embargo, esta intensificación, implica inversiones en infraestructura con una mayor presión de los recursos humanos y naturales. Una de las características más relevantes de nuestros sistemas de producción pastoriles es su resiliencia frente a escenarios de vulnerabilidad de precios e inclemencias climáticas, cuando la base de la alimentación es sostenida en su mayor parte por forraje.

Recientemente la institucionalidad del sector ha establecido modelos de investigación innovadores para evaluar el impacto de la intensificación en sistemas pastoriles, con un abordaje integral que apuestan a mejorar la competitividad de los sistemas. Este trabajo de tesis constituye parte de una línea de investigación, donde el objetivo es evaluar el impacto en las variables biofísicas de un sistema con bajo nivel de inversión (denominado de bajo costo), operativamente simple y con niveles de productividad competitivos para la lechería de Uruguay (900 Kg sólidos/ha/año), y por otro lado, un sistema donde el objetivo principal radique en aumentar la productividad con un aumento sustancial de la carga, triplicando el promedio del país, con un mayor grado de inversión en infraestructura. El punto en común de ambos sistemas es que maximicen la producción y cosecha de forraje, ya sea de forma directa y/o mecánicamente.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Generales

Evaluar el impacto en las variables biofísicas de dos sistemas contrastantes en dedicación operativa, carga animal (1.8 vs 3.1 VO/ha PP), método de pastoreo y estrategia de alimentación para la estación de primavera del año 2021.

1.1.2 Específicos

Para cada sistema se propone:

1. Analizar la producción de leche y sólidos individual conjuntamente con la productividad por hectárea para cada sistema.
2. Analizar y comparar la producción y cosecha de forraje de la plataforma de pastoreo.
3. Conocer la estructura de alimentación y los tiempos destinados a la actividad de pastoreo y encierro de cada rodeo.
4. Determinar si existen diferencias en el forraje disponible y residual en el uso de franja diaria en comparación con 3-4 días de ocupación.
5. Analizar la evolución del peso vivo y condición corporal de ambos sistemas.
6. Conocer los tiempos operativos destinados a las diferentes actividades.

1.2 HIPÓTESIS

Es posible tener un sistema de alta productividad con el forraje como base de alimentación donde la totalidad del mismo sea producido en el área de plataforma de pastoreo y con un nivel bajo de complejidad operativa.

Si bien se propone que los dos sistemas tendrán una alta cosecha de forraje por unidad de superficie no se esperan diferencias en la producción de forraje para la estación de primavera, pero si es esperable encontrar diferencias en lo que refiere a la estrategia de alimentación para convertir el alimento en leche.

La adecuada gestión del crecimiento del forraje determinará que no se espera un efecto del sistema en la disponibilidad de entrada y salida a la franja al aplicar diferentes 3 días de ocupación en comparación con franja diaria).

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 PRODUCCIÓN DE LECHE Y SÓLIDOS

En Uruguay el principal destino de la leche producida es industrializada (83%), de esa producción un 30% se vuelca al mercado interno y un 70% se exporta principalmente como leche en polvo (60%), le siguen los quesos con un 20%, manteca con el 8%, y el resto otros productos. Los principales destinos de las exportaciones en importancia económica son Argelia, Brasil, Rusia y China (Giuduce et al., 2021).

Ha habido un fuerte crecimiento en los litros de leche remitida/día/ N° de remitente, aumentando más de un 700% tomando como base el año 1990, sin embargo, desde la fecha el número de remitentes ha disminuido más de la mitad. Para lograr estos aumentos en la producción se ha combinado un aumento en la carga animal, mejoras en la relación VO/VM, aumento de la producción de forraje, en los litros/VM (DIEA, 2011, 2021) y aumento en la eficiencia de cosecha forraje global (Chilibroste & Bettegazzore, 2019; Durán, 1996).

2.2 ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN

Existen tres grandes sistemas de alimentación que dependen del nivel de intensificación del sistema, por un lado, sistemas totalmente pastoriles, donde la dieta es solo pastoreo (Pastoril) pudiendo incluir ración generalmente en sala de ordeño. Por otro, sistemas con Ración Totalmente Mezclada (RTM) donde los ingredientes son a base de forrajes conservados, ensilajes, henos, granos y concentrados permitiendo mayores niveles de consumo y producción. Generalmente estos sistemas se acompañan de un 100% de tiempo confinados. De estos sistemas surgen los mixtos con alimentación que incluye pastoreo y la RTM, la cual se denomina dieta parcialmente mezclada (DPM). Si bien esos son los grandes tipos de alimentación, existen diversas combinaciones de los mismos (Cajarville et al., 2012).

En el Uruguay se ha realizado investigación aplicada al uso de sistemas mixtos, con la intención de aumentar productividad y eficiencia de cosecha global. En esta línea de investigación, Aguerre et al. (2017) analizaron más de 40 publicaciones realizadas a nivel nacional donde concluyeron que es posible combinar pasturas con suplementación con RTM obteniendo resultados similares a dietas únicamente basadas en RTM.

2.3 SISTEMAS ESTABULADOS

La mayoría de los sistemas mixtos en Uruguay integran encierro (a cielo abierto) y pastoreo. Los encierros se utilizan cuando las condiciones no son adecuadas para el pastoreo, lo cual ocurre más de la mitad del tiempo en sistemas que manejan altas cargas animales (Ortega et al., 2024). Recientemente en el Uruguay ha surgido a partir del 2019 desde la red tecnológica sectorial (RTS) un trabajo realizado en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC 2019-2020) por Méndez et al. (2023), donde se compararon tres sistemas con distintos niveles de intensificación, que incluyó el

pastoreo directo con 2,5 VO/haPP, hasta la estabulación permanente con ambiente controlado.

Lo que este experimento mostró fue un claro aprendizaje de que, si bien el sistema totalmente estabulado fue el que tuvo mejores kg diarios de sólidos/animal, se requiere una gran inversión y mantenimiento de la infraestructura, además de la gran necesidad de realizar reservas para la dieta totalmente mezclada que se le asigna. Cuando se compararon los sistemas mixtos, no hubo diferencias significativas en los consumos de materia seca, sin embargo, el sistema que presentaba cama caliente tuvo diferencias significativas en la producción de sólidos. Cabe destacar que si hubo diferencias en comportamiento animal debido a un mayor confort proporcionado el ambiente controlado.

2.4 SISTEMAS PASTORILES

En regiones templadas donde es posible realizar la producción de leche a base de forraje, se ha demostrado que es clave la utilización del mismo por su bajo costo en relación a los concentrados (Comerón et al., s.f.; Oleggini et al., 2017). Para lograr buenos resultados tanto físicos como económicos, se debe gestionar el forraje de forma eficiente a fin de maximizar tanto su producción como el consumo por parte de los animales. En ese sentido, la incorporación de una metodología que permita cuantificarlo para mejorar su gestión es de alto impacto para los sistemas. (Fariña & Chilbroste, 2019a; Hennessy et al., 2015).

La altura residual del forraje afecta la producción y esta se controla con la intensidad de pastoreo (IP) y la frecuencia, en relación con las tasas de crecimiento de las pasturas (Holmes & Roche, 2007). Mattiauda et al. (2009) encontraron que se puede controlar la IP con la altura de forraje a través del área asignada o con distintos niveles de suplementación. Sin embargo, en este experimento la productividad (lt/ha) aumenta cuando se controla la IP a través de la carga y no por el uso de suplementos. Por lo tanto, la IP provoca cambios en la producción y utilización del forraje ya que, con cargas mayores los animales seleccionan menos, la calidad del forraje consumido disminuye, al mismo tiempo que los restos secos post pastoreo y aumenta la cantidad de suelo desnudo (Baudracco et al., 2010; Mattiauda et al., 2009). Finalmente, Mattiauda et al. (2009) encontraron que cuando se pastorea con altas IP, dejando menores remanentes (alta utilización instantánea), afecta la tasa de crecimiento disminuyéndola, lo cual provoca menores producciones globales y menos días disponibles para entrar a la parcela.

Ha sido demostrado que, el efecto de la carga animal impacta en la eficiencia de cosecha de forraje, por lo tanto, para lograr ser eficiente se debe aumentar la carga hasta niveles que se adecuen al crecimiento del pasto y la infraestructura que poseen los predios (Hanrahan et al., 2018; Hennessy et al., 2015; Macdonald et al., 2017).

Chilibroste y Bettegazzore (2019) reportan en el informe de Proyecto de Producción Competitiva (PCC)¹ los principales sistemas lecheros en Uruguay, que son pastoriles, tienen un alto potencial (alta cosecha de forraje directo + 6 TT MS y cosecha total +10 TT MS). En segundo lugar, la importancia que tiene en los sistemas la producción y utilización de forraje debido al alto impacto sobre el margen de alimentación. Finalmente, las estrategias productivas de los sistemas que presentaron los mejores resultados, provienen de aquellos establecimientos con los menores costos de producción que manejan dietas con participación de pasturas en proporciones de un 60% de la MS total consumida, y donde la carga juega un rol determinante en la cosecha tanto directa (para aquellos sistemas con niveles de carga mayores) como mecánica (con menores cargas).

2.4.1 Métodos de pastoreo

Frecuentemente se habla de métodos de pastoreo en los sistemas pastoriles, los cuáles pueden ser: franjas de ocupación por turnos, diarias o semanales. Bailon et al. (2020) no encontraron diferencias comparando ocupaciones diarias vs semanales, para la producción de forraje, producción de leche por animal, y como factor destacable tampoco en el comportamiento animal. Por otra parte, Paredes y Rodio (2022) estudiaron las ocupaciones diarias en contraste a ocupaciones de 3 – 4 días, donde tampoco reportaron diferencias significativas entre: producción y composición de leche, tasa de crecimiento de las pasturas, consumo de materia seca y en el comportamiento animal concluyendo que los diferentes métodos del pastoreo no afectan la producción de leche o la tasa de crecimiento de pasto.

2.4.2 Limitantes de los sistemas pastoriles

La mayor desventaja de estos sistemas pastoriles es la dificultad de asegurar que la oferta esté acorde a la demanda a lo largo de la lactancia y que sea de calidad (Chilibroste, 2012). La estación Experimental Rafaela del INTA caracterizó más de 3000 lactancias donde se tuvieron en cuenta la producción de leche, y encontraron que la producción es mayor en partos de primavera (junio – octubre) que los de otoño (febrero - mayo), pero con mayor persistencia en los de otoño (Cuatrín, s.f.). Asimismo, a nivel nacional, Arcos (2008) analizó 32.000 registros lecheros provenientes del Instituto Nacional de Mejoramiento Lechero, donde separaron épocas de parto y distribución en el país y encontró que en el sur las producciones eran mayores debido a las temperaturas más templadas y los partos de primavera tenían mayores picos de producción, pero los de otoño con su doble pico de producción mostraron mayores persistencias. Las diferencias entre los picos de otoño entre el norte y el sur se le atribuyeron a la calidad y cantidad de alimento ofrecido. Estos desbalances en la dieta se intentan corregir con suplementos, pero aumenta la complejidad operativa, sin embargo, con dietas RTM se levanta dicha restricción (Kolver, 2003). En adición, estos

¹ PCC, informe que incluye el análisis de más de 700 matrículas de Conaprole entre los años 2013 – 2018.

sistemas generan altas respuestas a la suplementación en los animales, efectos directos y residuales positivos en las lactancias (Chilibroste, 2012).

2.4.3 Ventajas de los sistemas pastoriles

No solo representa el sistema de alimentación de menor costo de alimentación que se puede explotar, sino que, además, es una imagen buscada en los consumidores, ya que, es más amigable con el ambiente debido a que favorecen el ciclado de nutrientes y la calidad de aire, el agua, la biodiversidad, etc. (Cangiano & Antonacci, s.f.).

Desde el punto de vista productivo, las pasturas que se plantan en nuestro país son mezclas de gramíneas y leguminosas que, cuando se encuentran en estado vegetativo poseen una alta digestibilidad explicada principalmente por la degradabilidad de las fracciones fibrosas, lo que conlleva a que este tipo de forraje aumente la proteína microbiana del rumen que es difícil de aumentar solo con el agregado de concentrados energéticos (Cajarville et al., 2012). Finalmente, se ha estudiado que dietas con alta proporción de pasturas incrementan el ácido linoleico conjugado (CLA), los cuales son beneficiosos para la salud humana y el mayor aporte de los mismos proviene de la leche. (Cajarville et al., 2012).

Finalmente, otra ventaja del sistema pastoril es que se puede combinar con RTM (DPM) mitigando los costos de una dieta 100% RTM, mejorando la salud animal, con menos costos de mantenimiento y mano de obra y solucionando la inestabilidad de la oferta de la pastura (Bretschneider & Salado, 2010).

A modo de resumen se detalla en la tabla 1 las ventajas y desventajas de los distintos sistemas de alimentación que existen en nuestro país.

Tabla 1
Ventajas y desventajas de los sistemas de alimentación

| Sistema | Ventajas | Desventajas |
|----------------------------------|---|---|
| Pastoril | <ul style="list-style-type: none"> - Bajo riesgo de contaminación ambiental - Bienestar animal - Nutrición y salud humana - Preferencia de consumidores en nichos de mercado - Calidad de vida - Menores costos de producción | <ul style="list-style-type: none"> - Menores producciones de leche - Menor control de calidad y cantidad de forraje - Estrés térmico - Curva de producción dependiente de la estación. |
| DPM (encierro + pastoreo) | <ul style="list-style-type: none"> - Se complementa la RTM en los baches estacionales de la pastura - Control de consumo de MS más preciso - Incremento en la producción de leche - Calidad de vida - Eficiencia en uso de Holando neozelandés | <ul style="list-style-type: none"> - Inversiones y costos intermedios - Encontrar el equilibrio de la pastura y la RPM |
| RTM (encierro) | <ul style="list-style-type: none"> - Calidad estable de la dieta - Altas producciones de leche, grasa y proteína por elevada concentración energética de la dieta y ambiente controlado - Eficiencia en uso de Holando Americano | <ul style="list-style-type: none"> - Salud animal - Altas inversiones - Mayor requerimiento de combustibles, mano de obra, que encarece costos - Mayor dificultad en el manejo de los residuos - Reduce el tiempo libre del productor dado al aumento de tareas. |

Nota. Elaborado con base en Bretschneider y Salado (2010), Cajarville et al. (2012), Cangiano y Antonacci (s.f.), Cuatrín (s.f.).

2.5 LA CARGA ANIMAL EN EL SISTEMA PASTORIL

La carga está determinada por el número de animales en una superficie dada (vacas/ha). McMeekan y Walshe (1963) realizaron un experimento donde se comparan sistemas rotativos y continuos con moderada y alta carga (2.3 vs 2.9 VO/ha), se observó que el factor más importante que afectaba la utilización de las pasturas fue la carga, donde se asociaron las altas cargas con las altas producciones/ha a pesar de una menor producción por animal. Cabe destacar que el método de pastoreo no fue tan importante, en general los pastoreos controlados fueron más productivos tanto por hectárea como

por animal. Estos autores (McMeekan & Walshe, 1963) definen la carga animal como una de las herramientas más potentes que tienen los sistemas pastoriles para aumentar la cosecha directa, donde para una determinada producción de forraje anual se determina la asignación por vaca/día, por tanto, afecta la productividad del rodeo y la rentabilidad.

Baudracco et al. (2010) revisaron los efectos de la carga animal, para las variables suplementación, utilización de forraje y producción de leche. Muestran que hay una relación negativa entre carga y asignación de forraje promedio por vaca, que produce efectos sobre el consumo, la utilización del forraje, la producción y la productividad repercutiendo en la rentabilidad del sistema. Además, observaron que, al aumentar la carga animal, aumenta la producción y el consumo de forraje por hectárea, pero en términos individuales hay una disminución de la asignación de forraje por vaca. Estas restricciones en la producción individual se pueden levantar con suplementación adecuada, dependiendo del mérito genético del rodeo, el precio de la leche y los costos de alimentación. Por lo tanto, se puede producir un efecto sinérgico al aumentar la carga y la suplementación, que permita una mayor utilización global del forraje y una buena producción por animal y por hectárea.

En un experimento posterior, Baudracco et al. (2011) evaluaron el efecto de aumentar la carga de 1,6 a 2,6 VO/haPP sobre la producción, calidad y persistencia de las pasturas, donde se determinó que no hubo diferencias significativas. En cuanto a los animales, cuando llegaban a mitad de lactancia, a medida que aumentaba la carga el consumo de MS de forraje por vaca disminuía. La producción de leche y sólidos por animal no se diferenció estadísticamente debido a que se suplementó estratégicamente en la lactancia temprana, sin embargo, se observó una tendencia a disminuir con el aumento de la carga.

Siguiendo esta línea, Patton et al. (2016) también compararon la producción, utilización y calidad de forraje en cargas más altas, de 3,1 VO/haPP y 4,5 VO/haPP, estos saltos de carga requirieron suplementación y forraje adicional durante la lactancia. Sin embargo, ambos sistemas no tuvieron un efecto sobre las pasturas ni su calidad debido a que se controló el pastoreo evitando el sobrepastoreo. Por otra parte, la producción individual tampoco fue afectada gracias al suplemento estratégico aumentando la producción de leche por hectárea.

Ambos experimentos resaltaron la importancia del uso estratégico de suplementos adicionales cuando la pastura no era suficiente para mantener la producción individual por vaca. Por ende, cada vez que se dio un salto en el aumento de la carga la eficiencia de cosecha directa aumento al igual que la productividad por hectárea.

Sin embargo, Macdonald et al. (2008) reportaron que, cuando aumentó la carga de 2,2 VO/haPP a 4,3 VO/haPP, la producción de las pasturas aumentó linealmente, sin embargo, la producción por vaca disminuyó linealmente con los aumentos de la carga, mostrando lactancias menos persistentes y menores picos, a diferencia de los otros experimentos. Cabe destacar que el aumento de la carga no afectó el éxito reproductivo.

Este trabajo también concluyó la necesidad de acompañar la pastura con la suplementación para optimizar la rentabilidad del sistema.

Finalmente, Fariña et al. (2011) compararon dos sistemas con diferentes cargas (2,5 y 3,8 VO/PP) con dos niveles de producción individual por vaca (6000 y 9000 kg leche/lactancia), donde queda demostrado que los sistemas que aumentaron la carga fueron más eficientes que los que aumentaron la producción por vaca, y al igual que los experimentos mencionados no hubo diferencias en la cantidad y calidad del forraje producido al incrementar la carga animal.

2.6 EL ROL DE LAS PASTURAS EN URUGUAY

2.6.1 Contexto

Dado el cambio del uso de la tierra, donde se ha visto una gran evolución desde comienzos del siglo XXI por parte de la agricultura, la competencia por la tierra ha elevado los costos de la misma y con ella las rentas. Por lo tanto, como principal estrategia de intensificación utilizada fue el aumento de producción individual atribuido a mayores proporciones de concentrados en las dietas (DIEA, 2011). Sin embargo, actualmente dado a los altos costos de los insumos se debe potenciar cada alimento en la dieta, estrategias que combinen pastoreo con encierros coyunturales permiten potenciar los resultados de las lactancias por un lado, y por otro, producciones realizadas en sistemas de encierros cuando se incorpora el pastoreo se han mostrado mejoras en la calidad de la leche, por tanto, para los sistemas confinados también se vuelve una propuesta interesante la incorporación de pasturas (Fajardo et al., 2015).

2.6.2 Crecimiento de las pasturas

En la década de los 90 a la baja producción de leche se le atribuyó la baja producción de la rotación forrajera, donde se ubicaba entorno a los 6,5 t/ha/año (Durán, 1996), sin embargo hoy esa ya no es la limitante ya que, según el seguimiento satelital de Conaprole que abarca más de 400 potreros distribuidos por todo el país muestra que la producción de distintos recursos forrajeros utilizados en distintas rotaciones combinando la participación tanto de verdeos como de perennes alcanzan las 12 ton/ha/año, mostrando que la producción de forraje no sería una restricción para los sistemas de nuestro país (Fariña & Chilibroste, 2019b). El desafío es manejar la estacionalidad de las rotaciones que, sin importar el balance de especies anuales – perennes, se debe diferir forraje para cubrir los déficits del invierno y sobre todo en los momentos donde el % de barbecho es alto dado a los ciclos cortos en las praderas perennes y una alta utilización de verdeos (Tabla 2).

Tabla 2
Características de distintas rotaciones utilizadas en el país

| Ciclo (años) | Anuales (%) | Perennes (%) | Prod. Tot. (TT MS/ha/año) | Estacionalidad |
|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|--|--------------------------|
| 7 | 14 | 86 | 12,1 | May-Ago 18%. Set-Dic 48% |
| 5 | 20 | 80 | 13,1 | May-Ago 17%. Set-Dic 48% |
| 4 | 25 | 75 | 12,2 | May-Ago 17%. Set-Dic 42% |
| 4 | 50 | 50 | 14,7 | May-Ago 15%. Set-Dic 47% |
| 5 | 60 | 40 | 16,2 | May-Ago 14%. Set-Dic 46% |

Nota. Elaborado con base en Oleggini et al. (2017).

2.6.3 Nivel de cosecha de forraje

Hodgson (1979) habla de dos tipos de eficiencias, la de cosecha donde se expresa el pasto consumido en cada sesión de pastoreo como proporción de la masa de forraje prepastoreo; y, por otra parte, la utilización global de forraje como el pasto consumido expresado como proporción de la producción anual.

Chilibroste y Bettegazzore (2019) reportaron en el informe de PCC que las dietas estuvieron compuestas en promedio por forraje cosechado directamente (3559 ± 132 kg MS/ha VM/año), reservas (1260 ± 109 kg MS/ha VM/año) y concentrados a razón de 1633 ± 97 kg MS/ha VM/año. Por ende, si se tiene en cuenta que el potencial de producción la cosecha directa es de un 35% sumado al 12 % de la cosecha mecánica, resulta una utilización global del 47% del forraje producido. Esto tiene un impacto directo en el resultado económico de los predios ya que ineficiencias de este tipo implican un incremento en los costos de producción sumado a que parte de la dieta se debe sustituir con suplementos (reservas y/o concentrados). Por otra parte, PPC también muestra que los sistemas con mayores productividades y que expresan los menores costos por litro producido son los que logran cosechar más del 55% del forraje producido.

El trabajo de la RTS realizado en CRS (Ortega et al., 2024), combinó dos cargas (1,5 VO/haPP vs. 2,0 VO/haPP) y dos manejos de pastoreo. Sistemas con menos carga animal experimentaron mayores tiempos de pastoreo (69% vs 61%), niveles de cosecha mecánica del orden de los 3270 kg MS/ha vs. 1870 kg MS/ha lo que combinado con cosecha directa logró un alto grado de eficiencia de cosecha de forraje/producción (80% vs. 74%). Sin embargo, el de mayor carga (2.0 VO/haPP) logró mejor performance en litros/ha derivado en mayor producción de sólidos/haPP (1199 kg vs. 866 kg). Cabe destacar que no hay diferencias en la producción de forraje (10 ton/ha/año) a pesar del manejo de distintas cargas, las cuales representan un 36 y 75% más con respecto al promedio país (1,14 VO/haPP) reportado en PPC (Chilibroste & Bettegazzore, 2019).

Por otra parte, el proyecto 10-MIL (Stirling et al., 2021) tuvo como objetivo evaluar sistemas de alta cosecha de forraje producida en plataforma de vaca masa (10 TT MS/ha VM) con alta producción de sólidos por hectárea (1000 kg GB + PB/ ha VM) combinando distintas estrategias de alimentación e incluyendo distintos genotipos de

animales (Holando neozelandés y Holando norteamericano). Se observó que los sistemas que lograron cosechas directas más eficientes de pastura fueron los que su estructura de alimentación estaba basada en 60% pastura, 7% reservas y 33% concentrado y esto implicó que el costo de alimentación fuera menor y por lo tanto el margen de alimentación más alto. Cabe destacar que, entre los dos genotipos, la vaca chica permitió mayor carga (2,4 VS 2,0), lo que contribuyó a mayor producción de sólidos por hectárea y por lo tanto el margen de alimentación fue aún mayor. Por otra parte, no se observaron diferencias significativas en la producción individual cuando se comparó el mismo genotipo con las distintas dietas (60% pastura, 7% reservas y 33% concentrado VS 34% pastura, 33% reservas, 33% concentrado en VC y VG respectivamente).

Estos trabajos recientes muestran que para lograr buenos resultados económicos se debe ser eficiente en la producción y cosecha de forraje, ya sea de forma directa o indirecta. Existen distintas estrategias, cargas de más de 2,0 VO/haPP permite mayor proporción de la cosecha del forraje directamente, sin embargo, una carga moderada $1,5 < 2,0$ VO/haPP permite maximizar la cosecha mecánica. A su vez, también emplear la estrategia de cosechar solamente el 33% del forraje directamente, establece valores de productividad interesantes combinado consumo de forraje con dietas PMR.

2.7 PLANIFICACIÓN DEL USO DEL FORRAJE

A priori manejar el forraje que se produce en el área de pastoreo es la clave de los sistemas pastoriles y para eso se debe lograr eficiencias globales y no eficiencias instantáneas que comprometan la vida útil de las pasturas (Baudracco et al., 2010; Holmes & Roche, 2007).

Holmes y Roche (2007) describen que, el punto de equilibrio de un sistema lechero a base pastoril se logra cuando se maximiza la producción de pastura actual sin comprometer la futura ni su calidad. Para eso se utiliza la suplementación, dado que se puede controlar el área de la parcela diaria, el largo de la rotación (días de retorno a la parcela) y el residuo postpastoreo. Dado que el momento óptimo para las pasturas templadas es cuando la planta posee tres hojas desarrolladas (estado que maximiza la calidad) (Donaghy & Fulkerson, 1999), se debe controlar la velocidad en la que está creciendo el forraje para estimar cuanto tiempo es necesario para reingresar a la parcela. En momentos donde la tasa de crecimiento de las pasturas (TC) empieza a bajar, el tiempo de retorno a la parcela se vuelve más largo por lo tanto la suplementación juega un rol fundamental. Por otra parte, si la TC supera el consumo de los animales, cuando se retorne a la parcela esta va a estar con más de tres hojas desplegadas, teniendo hojas en proceso de senescencia y por lo tanto la calidad empezará a bajar desperdiciándose forraje. Siguiendo esta línea, Chapman (2016) recomienda ingresar a pastorear aproximadamente entre 2600 y 3200 kgMS/ha dejando un remanente de 1500 – 1700 kg MS/ha, como resultado se obtendrá el largo de la rotación. Chapman (2016) también resalta que el sobrepastoreo (residuos de alrededor de 1100-1300 kg MS/ha) afecta la producción posterior llegando a disminuir 1,2-2,4 tMS/ha la producción futura de una pastura.

Basado en este principio CRS, el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y EEMAC han trabajado con esta metodología, determinando stock en el área de pastoreo y midiendo la TC tomando decisiones semanales intentando mantener un equilibrio óptimo para el prepastoreo y postpastoreo sin descuidar la producción por animal. Dicha metodología se adaptó quedando descripta en la revista de INIA (Fariña et al., 2017) bajo el nombre de “3R: Recorrida, Rotación y Remanente”. Como objetivo, esta metodología plantea cosechar todo el crecimiento del pasto, donde los tres pasos esenciales son: realizar recorridas semanales; ajustar la rotación buscando consumir el crecimiento diario y controlar los remanentes, donde el mínimo sea 5cm. Cabe destacar que esta metodología promueve ser consistente en el manejo del sistema pastoril, sin importar la herramienta a utilizar o el valor del stock objetivo, siempre y cuando no se condicione el ingreso de la pastura la asignación por animal, y que, los remanentes no comprometan el potencial de producción de las pasturas.

2.7.1 Stock de forraje en el área de pastoreo

En los sistemas pastoriles representa el valor promedio de biomasa por hectárea de toda la superficie en pastoreo en un momento determinado expresado como kgMS/ha. Surge del promedio de un gradiente de potreros con valores diferentes que va desde el primero en pastorear (mayor disponibilidad) hasta el último en pastorear (recién pastoreado). Lo más importante en el sistema es determinar cuál será el stock objetivo con el cual se tomarán todas las decisiones, desde acelerar o desacelerar la velocidad de rotación, cosechar más o menos forraje directamente, o, por otra parte, cerrar área para reserva o no. El stock objetivo puede variar entre sistemas, pero surge entre el promedio de un objetivo de prepastoreo y un remanente objetivo.

2.7.2 Tasa de crecimiento

Para la toma de decisiones hay que predecir la TC promedio del sistema, donde se basa en la media de la última medición (7 – 15 días), calculada como la diferencia consecutiva de disponibilidad de un potrero dividida por el área y los días entre mediciones. Integrada a toda el área de pastoreo, está conformada por todos los potreros del área de plataforma sin contabilizar aquellos que en la última medición estaban en pastoreo.

2.7.3 Recorrida

Consiste en recorrer toda la plataforma de pastoreo el mismo día y de la misma forma, obteniendo un valor de disponibilidad promedio de cada potrero. En adición, es recomendable registrar el estado fenológico de las plantas. El recorrido semanal resulta útil para ver el estado de los potreros (alambres, agua, firmeza de suelo, entre otros) para tener en cuenta en la decisión de potreros a pastorear.

2.7.4 Rotación

Integra todos los potreros del área de pastoreo. Se refiere a la velocidad en la que hay que ingresar nuevamente a un potrero que fue pastoreo con el objetivo de optimizar la cosecha directa y no perder calidad en la pastura. Se expresa en días y en base a la tasa de crecimiento se estima el área a asignar por día. Si el pasto crece a una alta tasa, como en situaciones de primavera, hay que volver más rápido al potrero de inicio, al contrario, cuando la tasa de crecimiento es baja como en invierno se requiere más días para volver al potrero de inicio y la rotación será más larga.

2.7.5 Remanentes

Es la situación de un potrero/franja luego de la defoliación. Busca leer la fuerte relación entre la pastura y el animal, ejemplo: altos remanentes indican que se estaría desperdiciando pasto y, por otra parte, bajos remanentes podrían indicar que los animales pueden haber pasado hambre y a su vez el rebrote será más lento, cual termina afectando la velocidad de rotación.

Por lo tanto, teniendo en cuenta toda esta información se puede realizar una correcta planificación del forraje para el objetivo que se desee, pudiéndose ajustar la rotación en función del crecimiento de las pasturas, en la época del año, en base a los requerimientos del animal y objetivos productivos.

2.8 ESTIMACIÓN DE BIOMASA

Para lograr un adecuado manejo del forraje es necesario contar con un método de estimación de disponibilidad objetivo y preciso, debido a que es uno de los elementos más importantes para la planificación. Dicha disponibilidad es dinámica en el tiempo, por eso la importancia de la frecuencia de estimación (Pravia et al., 2013).

Existen métodos directos, como es el de corte y doble muestreo y métodos indirectos como es el visual, regla, capacitancia electrónica, Rising Plate meter, satelitales y C-Dax.

En este experimento se utilizó el C-Dax debido al alto número de muestras obtenidas de un potrero y la ventaja de que funciona sin sesgos independientemente del operario que lo utilice. El C-Dax es un dispositivo electrónico que mide altura de forraje con 18 haces de luz logrando tomar 200 medidas por segundo, acoplado a un cuatriciclo o tractor llega a los 20 km/h. Estas medidas se promedian y devuelven una altura (h) promedio del potrero y gracias a una ecuación de regresión ya calibrada para las condiciones de nuestro país, se obtiene kgMS/ha. Es un instrumento que se ha sido validado su uso para las condiciones de Uruguay (Ortega et al., 2023; Waller, 2020) se ha usado en sistemas de alta carga para estimar stock y TC en área de pastoreo de sistemas intensivos experimentales tanto de INIA como de FAGRO.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN Y PERIODO EXPERIMENTAL

El ensayo se llevó a cabo en el periodo comprendido entre el 2 de agosto y el 29 de noviembre del año 2021 en la estación experimental Centro Regional Sur (CRS) de UdelaR. Facultad de Agronomía, ubicado en camino Folle km 35.500 s/n ($34^{\circ}36'47.62''$ S, $56^{\circ}13'04.49''$ O), Progreso, Canelones, Uruguay a 15 km de la ciudad de Canelones (Figura 1).

Figura 1

Ubicación del CRS

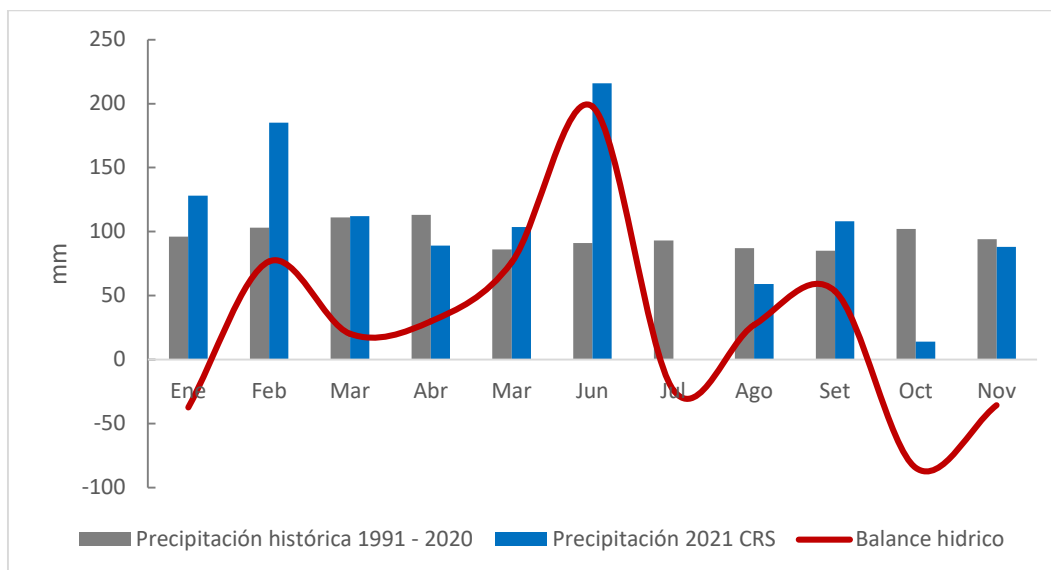


Nota. Adaptado de Google (2024).

3.2 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

En base a datos de precipitaciones registrados en el CRS e históricos se puede observar que luego del gran evento de lluvias en el mes de junio 2021, el balance hídrico se realizó en base a datos proporcionados por INIA Las Brujas mediante la evapotranspiración promedio (ETP) diaria. (Figura 2). Si bien no hubo grandes déficits hídricos a lo largo del año, en el período de estudio (agosto – noviembre) se observa que a finales del mismo aparece un déficit hídrico. La gran precipitación de junio desembocó en que en los siguientes meses no faltara agua en el suelo a pesar de que no llovió en el mes de julio.

Figura 2
Precipitaciones y balance hídrico 2021



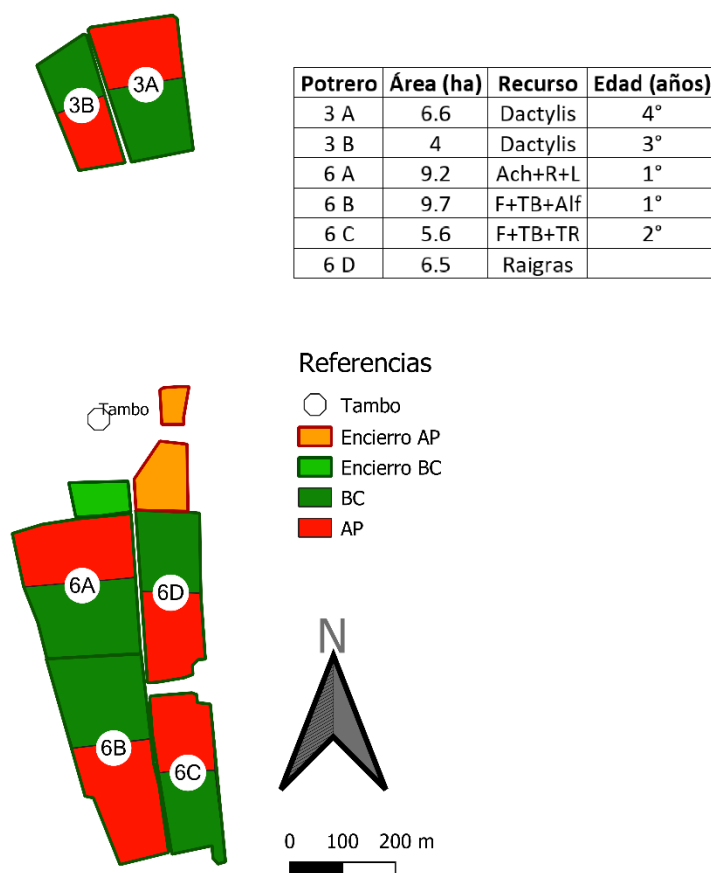
Nota. Se seleccionaron los datos históricos promedio de 30 años mensuales de precipitaciones y los datos de Las Brujas del año 2021. Adaptado de INIA (s.f.).

3.3 ROTACIÓN FORRAJERA

La rotación forrajera estaba conformada por verdeo de raigrás de ciclo largo (*Lolium multiflorum* var. Magno); Pradera de 1° año compuesta por festuca (*Festuca arundinacea* var. INIA Fortuna), trébol blanco (*Trifolium repens*) y alfalfa (*Medicago sativa*); Pradera de 2° año compuesta por festuca, trébol blanco y trébol rojo (*Trifolium pratense*); Praderas de 3° y 4° año de *Dactylis glomerata*; finalmente Pradera corta de 1° año compuesta por Achicoria (*Cichorium intybus*), raigrás y lotus (*Lotus corniculatus*). Dicha rotación se diseñó para una duración de 6 años (Figura 3).

Los potreros se dividieron a la mitad y se distribuyeron de tal forma de no generar diferencias en distancia hacia la sala de ordeño, la misma varió entre 0,5 km y 1,5 km (Figura 3). Para cada lote quedaron 20,8 ha de plataforma de VO.

Figura 3
Distribución de potreros para BC y AP



3.3.1 Control de malezas

Se utilizaron como pre-emergentes Mitral 75, Fuoco 608, 2.4 D Ferramina y como postemergentes 2.4 D Ferramina, Flumet 12SC y 2.4 D Smartpray en momentos puntuales como en etapa de emergencia del cultivo y cuando las malezas ya no se podían controlar mecánicamente. La rotativa fue más utilizada que los herbicidas, realizando las pasadas post pastoreo.

3.3.2 Manejo del estado reproductivo de las pasturas

En primavera se utilizó la rotativa para controlar la inducción floral en las praderas, principalmente en festuca con el fin de evitar que disminuya su calidad.

3.3.3 Fertilización

El criterio de fertilización se realizó en base a análisis de suelo realizados previo a la siembra, en el caso de las praderas de primer año del año 2021 se fertilizó con 7-40/40-0-5S 100kg/ha.

Cuando las condiciones ambientales lo permitieron se refertilizó post pastoreo a razón de 75 kg/ha de UREA. (Tabla 3).

Tabla 3

Urea (kg/mes) para cada tratamiento

| Mes | Urea (kg/mes) | |
|--------------|---------------|-------------|
| | AP | BC |
| Ago | 1813 | 1982 |
| Set | 2184 | 2461 |
| Oct | 1029 | 674 |
| Nov | 1377 | 1623 |
| Total | 6403 | 6740 |

3.4 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS

3.4.1 Sistema bajo costo (BC)

Uno de los sistemas sometidos a evaluación presenta una carga animal de 1,8 VO/ha PP, sostenido a base de forraje producido dentro de la plataforma de pastoreo, con un modelo forrajero de base perenne que no incluye verdeo de verano. Las reservas (fardo y/o henolaje) provinieron de la plataforma de vaca ordeñe y se ofrecieron en áreas de descanso asignadas. Para la alimentación no se utilizó ni mixer ni vagón forrajero y los concentrados se suministraron siempre en la sala de ordeñe. Cabe destacar que el consumo de reservas tuvo como objetivo 1400 kgMS/haPP los cuales debían ser cosechados en la primavera.

3.4.2 Sistema alta productividad (AP)

En este sistema se priorizó la productividad (l/ha) basado en un aumento de la carga (3,1 VO/ha PP), por tanto, fue necesario importar ensilaje de maíz y sorgo de áreas adyacentes. Se implementó la misma rotación forrajera que en el sistema BC y los criterios de manejo del pastoreo fueron los mismos (Ver 2.7). Cabe destacar que para mantener ese nivel de carga fue necesario tener un nivel de infraestructura mayor que en el sistema BC, contando con un mixer, playa de alimentación y una cama a cielo abierto.

3.4.3 Rutina de los rodeos

Los ordeñes comenzaron a las 5:00 y 15:00 horas. Las sesiones de pastoreo variaron entre 0 y 2. Cuando tuvieron 1 sesión de pastoreo esta se realizaba en la tarde, por lo tanto, en la mañana quedaban en el encierro, lo mismo cuando no había sesiones de pastoreo. Los turnos de pastoreo se definieron en función a la TC y stock (ver 3.7).

3.5 BLOQUEADO DE LOS LOTES

Los animales fueron bloqueados por N° de lactancias, peso vivo, condición corporal, leche corregida a 305 días de la lactancia anterior, el biotipo (ya que se utilizaron Holando neozelandés, kiwi y jersey) y finalmente el mes de parto.

3.5.1 Descripción de los lotes

Se seleccionaron vaquillonas y vacas de no más de 6 lactancias de distintos biotipos (Tabla 5), al inicio del ensayo el lote BC estaba compuesto por 36 animal para llegar a la cantidad máxima de 42 (Tabla 4). Lo mismo para el lote AP que varió entre 60 y 72 animales. Se fue incrementando el número de animales de forma tal de cumplir con la carga animal objetivo.

Tabla 4

Proporción de animales según número de lactancia

| N° Lactancias | BC (%) | AP (%) |
|---------------|--------|--------|
| 1 | 19 | 20 |
| 2 | 22 | 22 |
| 3 | 28 | 25 |
| 4 | 17 | 17 |
| 5 | 8 | 10 |
| 6 | 6 | 7 |

Tabla 5

Proporción de animales según biotipo

| Biotipo | BC (%) | AP (%) |
|------------|--------|--------|
| Holando NZ | 58 | 52 |
| Jersey | 3 | 5 |
| Kiwi | 39 | 43 |

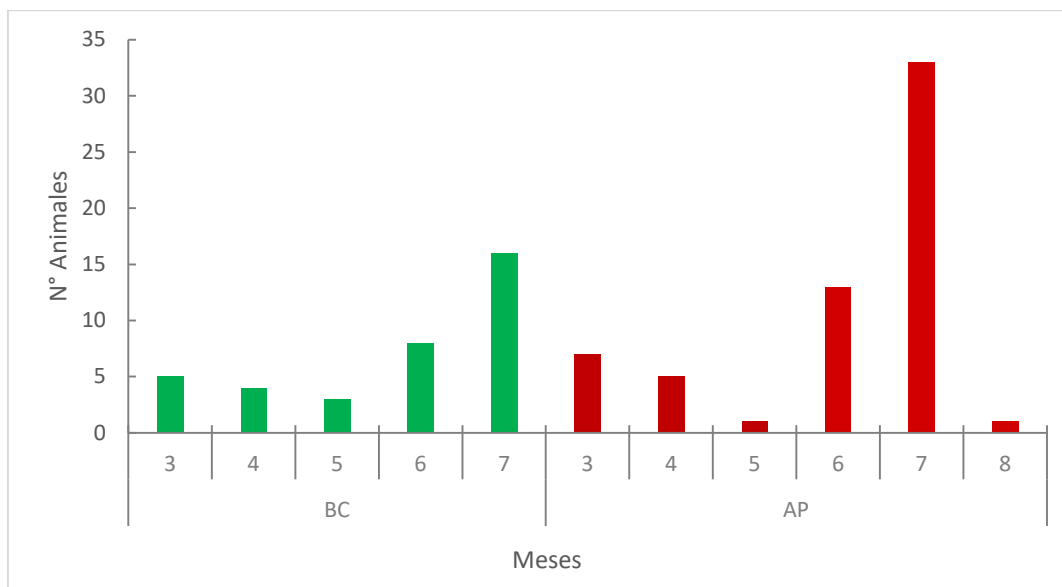
En agosto, al inicio del experimento se pesaron todos los animales con balanza electrónica, el promedio de peso vivo (PV) del lote BC fue de $505 \pm 63,5$ kg PV, con una carga de 883 kg PV/ha. Los animales del lote AP pesaron en promedio 484 ± 68 kg PV siendo 1476 kg PV/ha. También se registró la condición corporal (CC) para el lote BC fue de $3,08 \pm 0,4$ CC y $3,1 \pm 0,37$ CC en el lote AP, utilizando el método de Ferguson et al. (1994).

En cuanto a la producción de la lactancia anterior corregida a 305 días, en promedio para el BC fue de 6642 ± 1213 kg leche. Para el lote AP el promedio fue de 6682 ± 1297 kg de leche.

3.5.2 Distribución de partos

La época de parición estuvo comprendida entre marzo y agosto del año 2021 siendo junio la mediana, sin embargo, la mayoría de los partos ocurrieron en julio para ambos lotes (Figura 4).

Figura 4
Distribución de partos según tratamiento



3.6 DETERMINACIONES EN LOS ANIMALES

3.6.1 Producción de leche

Para cuantificar la producción de leche (kg/VO/d) y su composición (% grasa y % proteína), se realizaron muestreos mensuales en todos los animales de los dos sistemas. Los kg de leche en los meses de agosto y setiembre se registraron mensualmente y en los meses de octubre y noviembre se registró la producción diaria a través del Dairy Plan. La composición se analizó en base al ordeño de la tarde.

3.6.2 Peso vivo y condición corporal

Luego del ordeño de la mañana, el segundo jueves de cada mes se pesaron todos los animales con balanza electrónica y se registró la condición corporal en base a la metodología de Ferguson et al. (1994).

3.7 MANEJO DEL PASTOREO

Buscando cumplir con el objetivo de maximizar el consumo y producción de forraje se utilizó la metodología propuesta por Fariña et al. (2017) el “3R recorrida, rotación, remanente”.

Semanalmente, los días martes se recorrieron todos los potreros por su transecta, atravesando toda la superficie efectiva utilizando el C-Dax. Al terminar cada potrero se anotó la altura dada por el pasturómetro y mediante una ecuación de regresión ($13,469 X + 826$) cuya calibración se realizó en ensayos anteriores por Ortega et al. (2023) se obtuvo la disponibilidad en kgMS/ha. A su vez se registró el estado fenológico de las plantas, en gramíneas número de hojas y en alfalfa número de nudos.

En base a las recorridas, se desprendió el valor stock de cada sistema (promedio de disponibilidad de toda la plataforma). En este ensayo el Stock objetivo se fijó en 2400 kgMS/haSEP determinado por C-Dax. La TC se calcula como la variación de la disponibilidad de todos los potreros que no están en pastoreo, dividido los días.

La rotación expresada en días, definía el área que se iba a asignar diariamente a los animales o el área destinada a reservas. Para ello se usó la TC obtenida, que expresa cuanto forraje se podía cosechar directamente por los animales. Para el lote AP si la TC superaba lo que podían cosechar los animales se cerraba un porcentaje del área para reservas, de lo contrario, se bajaban los turnos de pastoreo. En caso de BC el volumen de reserva a cosechar en primavera estaba estipulada previamente como se mencionó en el punto 3.4.1 con un valor de 1400 kg MS ha PP.

Los remanentes de cada franja se establecieron a partir de tres objetivos: que el animal logre un bocado de calidad y cantidad, que la planta pueda rebrotar con facilidad y que se logre maximizar la cosecha global del sistema. Por lo tanto, el criterio establecido fue cuando la disponibilidad rondaba en los 1900-2000 kgMS/ha (C-Dax) y un 10 – 15% de matas de rechazo.

El criterio de entrada para pastorear consideró el stock (2400 kgMS/haSEP) y remanente (2000kgMS/haSEP) objetivos propuestos. El prepastoreo resultó en 3000 kgMS/haSEP tomando en cuenta, además, la firmeza y el estado fenológico de las pasturas que se registraba semanalmente en la recorrida. En las gramíneas 2,5 – 3 hojas dependiendo el tipo.

3.7.1 Toma de decisiones

En cada recorrida se anotó la disponibilidad de cada potrero (kgMS/ha), donde se ordenaron del que tenía más disponibilidad al de menor volumen. Teniendo en cuenta el estado de la pastura del potrero con mayor disponibilidad, la TC, el stock y la demanda animal se decidió la velocidad de rotación y se ajustó la dieta en base a los requerimientos y oferta de forraje semanalmente.

Cuando la TC (oferta) era similar a la demanda animal, y el stock se mantenía, por lo que la decisión era seguir con el manejo utilizado para que éste no aumente ni supere el objetivo de 2400 kg ha/SEP planteado. Cuando la oferta superaba la demanda los animales pastoreaban a doble turno de pastoreo, y conjuntamente la estrategia utilizada era cerrar un porcentaje del área. Por otra parte, cuando la demanda era superior a la oferta, se bajaron los turnos de pastoreo y se ajustó la dieta, aumentando las reservas y/o concentrado ofrecidos con el objetivo de mantener la producción individual y mantener el stock.

Si las condiciones para el pastoreo no eran óptimas para pastorear (excesos o déficit hídricos acentuados, el suelo no estaba firme o no cumplía con la disponibilidad de entrada propuesta) entonces el lote de vacas quedaba encerrado o se cambiaba a un potrero más firme para evitar gran pérdida de plantas en caso que tuviera una

disponibilidad acorde. De lo contrario, las vacas permanecían en los potreros de encierro (Figura N°3).

3.7.2 Método de pastoreo

Los tratamientos se diferenciaban en el tiempo de ocupación en las parcelas donde para AP fueron diarias y para el lote BC, las franjas fueron de una ocupación de 3 a 4 días dependiendo el tamaño de los potreros y su disponibilidad (kgMS/ha).

3.8 ALIMENTACIÓN DEL RODEO

Se estimó el consumo esperado (kgMS/VO/d) a través de un balance de energía calculado con base en la guía de nutrición animal del National Research Council [NRC] (2001) donde se incluyeron los inputs necesarios para la producción de leche obtenida cada mes (composición y cantidad de alimentos ofrecidos), junto con información del rodeo, que contempló: peso vivo promedio del lote, el porcentaje de grasa, producción de leche, días en leche de cada lote, n° de lactancias y días de gestación para cada mes. El concentrado se corrigió por porcentaje de MS, asumiendo que los animales comieron todo lo ofrecido en la sala de ordeño. Finalmente, el henolaje, heno fue cuantificado como el ofrecido dado a que no se pesaron los sobrantes y para el ensilaje el valor era registrado por la balanza del mixer. La suma de la oferta de heno, henolaje y ensilaje se la cuantificó como la reserva ofrecida.

La suplementación con concentrado se ofreció en sala con comederos automáticos. Si las sesiones de pastoreo eran 2, y el forraje contaba con un porcentaje de proteínas mayor al 18%, se suplementó maíz para equilibrar la dieta. Cuando la proteína fue menor se ofreció ración proteica al 18%. Se pesó el contenido de cada dispensador de la sala de ordeño una vez al mes para verificar que la cantidad ofrecida por animal sea la correcta.

Los alimentos importados fuera del área de plataforma de pastoreo (ensilaje) se ofrecieron en la playa de alimentación, donde se registró para cada día ofrecido la cantidad en kgMS/d para el lote AP. En cuanto al henolaje y heno, se registró el N° ofrecido por día para cada lote, se muestreo una sola vez al momento de su consumo para determinar su calidad.

Cuando las sesiones de pastoreo fueron 2, se llevaba el lote luego del ordeño al potrero asignado. Cuando tuvieron 1 sesión de pastoreo, esta se realizaba en la tarde, por lo tanto, en la mañana se ofreció heno y/o henolaje en el potrero de descanso (BC) y se suministró en la playa de comida ensilaje de maíz o sorgo mezclado con cascarilla de soja (AP), esto también aplicó en la mañana y tarde cuando no hubo acceso al pastoreo.

3.8.1 Determinaciones de los alimentos

Se muestrearon los alimentos ofrecidos semanalmente (pasturas, ensilaje, heno, concentrados) y se determinó %MS mediante el método tradicional con estufa, donde las muestras se secaron por 48 – 72 h y por diferencia de peso se estimó el %MS.

Dichas muestras se enviaron al laboratorio para determinar % cenizas, % Proteína Bruta, % Fibra Detergente Neutro, % Fibra Detergente Ácida y Energía neta de lactación (Mcal/kg).

3.8.1.1 Pastura

Los kgMS de pastura consumidos por VO/d se estimaron por medio del forraje desaparecido. Con el C-Dax se midió la altura de entrada al potrero y luego a la salida de los animales. Utilizando la ecuación de regresión la altura relaciona la masa en kgMS/ha. La diferencia entre el disponible y el remanente multiplicado por el tamaño de franja se dividió entre los animales que pastorearon y los.

Para determinar la calidad nutricional de cada recurso se realizaron muestras compuestas a lo largo de la transecta contemplando la altura de bocado del animal al ingreso de la pastura. Posteriormente se envió al laboratorio para analizar su composición

3.8.1.2 Reservas

Se muestreó el ensilaje de maíz y sorgo desde la bolsa de diferentes puntos y se envió al laboratorio para analizar su calidad. Por otra parte, una vez por semana se muestreó para determinar el contenido de materia seca.

3.9 TIEMPOS OPERATIVOS

Para calcular los tiempos operativos destinados a las actividades de: ordeño, vaquereo, ofrecimiento de reservas, armado de las franjas, revisión de parcelas, arreglo de alambrados o bebederos; se procedió a registrar cada tarea, anotando la duración en minutos que demandó su ejecución. Estos registros fueron posteriormente verificados en colaboración con el personal operativo del tambo para asegurar su exactitud.

En la categoría de "trabajos varios" se incluyó: revisión de parcelas, arreglo de alambrados o bebederos, ofrecimiento de reservas, entre otras actividades que son intrínsecas del manejo de los tratamientos del día a día necesarias para que los sistemas funcionen correctamente. Se tomó la decisión de agrupar estas actividades para facilitar el análisis posterior.

Cabe destacar que se registraron tiempos operativos para mantener la funcionalidad de los sistemas, pero no se tuvo en cuenta tareas que se hicieron en

conjunto para ambos tratamientos, por ejemplo, lavar la sala de ordeño, hacer pesaje y condición corporal, y todo lo referido al sistema pastoril como sembrar, fertilizar y confeccionar reservas.

3.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La evaluación de los resultados vinculados a la producción y cosecha de forraje se realizó considerando un diseño completamente al azar, tomando la carga como tratamiento y las mediciones en el tiempo como repeticiones. El modelo estadístico se describe como:

$$Y_i = \mu + \tau_i + \varepsilon_i$$

Resultando Y_i el valor de la variable analizada, μ la media general de las observaciones, τ_i el coeficiente estimado para los efectos de los tratamientos y ε_i el error experimental.

Para evaluar los resultados obtenidos en términos de performance animal, se utilizó un diseño completamente al azar que considera la carga animal como tratamiento y los animales como repeticiones. El modelo estadístico se describe de la siguiente manera:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde Y_{ij} representa los registros de las distintas variables en estudio, μ la media general, τ_i representa el coeficiente estimado para los tratamientos, y ε_{ij} el error experimental.

Este modelo fue aplicado y evaluado para las variables en estudio utilizando el programa Infostat, declarando significativas las diferencias cuando el p-valor fue menor a 0,05.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 PRODUCCIÓN Y COSECHA DE FORRAJE

Con base en las mediciones semanales con el C-Dax, se presentan los datos promedio mensuales de tasa de crecimiento (Figura 5). Los resultados muestran que el modelo es significativo (Anexo A), pero no hubo diferencias significativas en las tasas de crecimiento entre tratamientos para el período evaluado (Tabla 6). En el sistema BC la media fue de 37,53 kgMS/haPP/d mientras que en el AP fue de 30,90 kgMS/haPP/d.

Figura 5

Tasas de crecimiento en el área de plataforma de pastoreo mensual

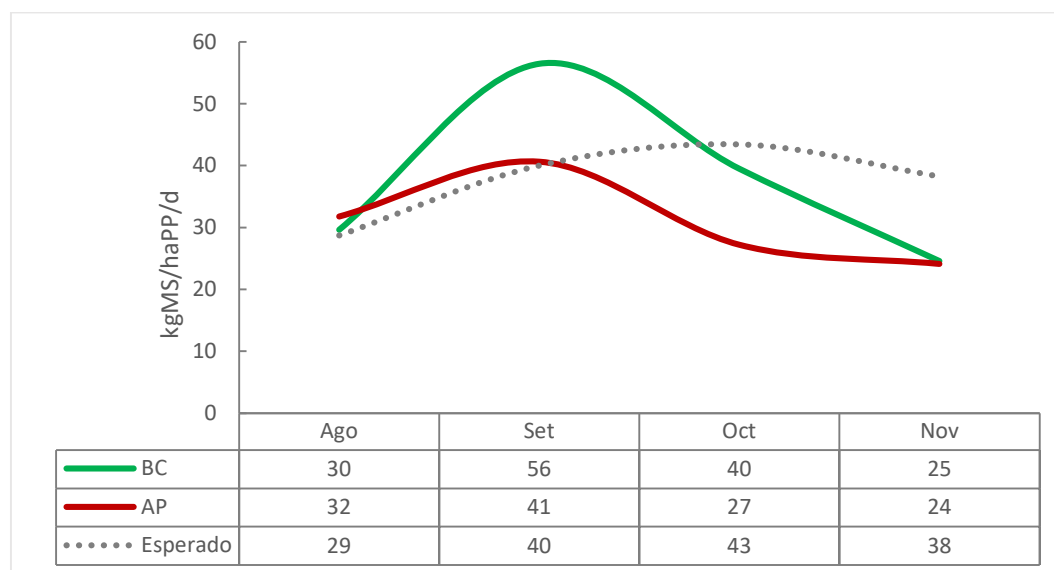


Tabla 6

Tukey ($p < 0.05$) de TC por tratamiento

| Trat | Media | Tukey |
|------|-------|-------|
| AP | 37,53 | A |
| BC | 30,9 | A |

Las TC esperadas son valores simulados que provienen de TC del seguimiento satelital de Conaprole y de datos del experimento del CRS (Ortega et al., 2024), donde se observa que fueron moderadamente menores a las obtenidas a lo largo del período experimental, aunque sin diferencias significativas. Sobre los meses de octubre-noviembre se esperaban mayores TC, sin embargo, esto no ocurrió debido al déficit hídrico en torno a los -80mm (Figura 2). Con el objetivo de mantener el equilibrio en el sistema en cuanto al forraje producido y consumido por los animales, la estrategia utilizada fue ir reduciendo turnos de pastoreo aumentando el uso de reservas buscando mantener el stock objetivo (2400 kgMS/haSEP), además controlando el residuo (Figura 8) postpastoreo y ajustando la dieta a la demanda del rodeo.

Setiembre fue más lluvioso que el promedio pudiendo provocar ese aumento de la TC en comparación a la esperada, y a su vez, esto provocó que el stock superara el objetivo. Como estrategia del tratamiento BC se reservó un área para capturar el crecimiento que no podía ser cosechado por parte de los animales (según lo planificado), esto provocó la diferencia en términos numéricos que se observa en setiembre y octubre entre los tratamientos, aunque no son significativas. El tratamiento AP, sin embargo, la estrategia que empleó fue aumentar los turnos de pastoreo para lograr cosechar todo el forraje producido en la primavera.

En la Figura 6 se presentan los resultados de la producción de forraje, la cosecha directa y mecánica expresado en kgMS/haPP/mes. El modelo estadístico de cosecha directa es significativo (Anexo B) y hubo diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 7). El promedio de cosecha directa en el tratamiento AP fue de 780 kgMS/haPP/mes mientras que en BC fue de 582 kgMS/haPP/mes. Los meses donde hubo más cosecha directa fueron octubre y setiembre (Tabla 8), siendo casi el doble que en agosto noviembre.

Figura 6

Producción y cosecha de forraje para los sistemas AP y BC (kgMS/haPP)

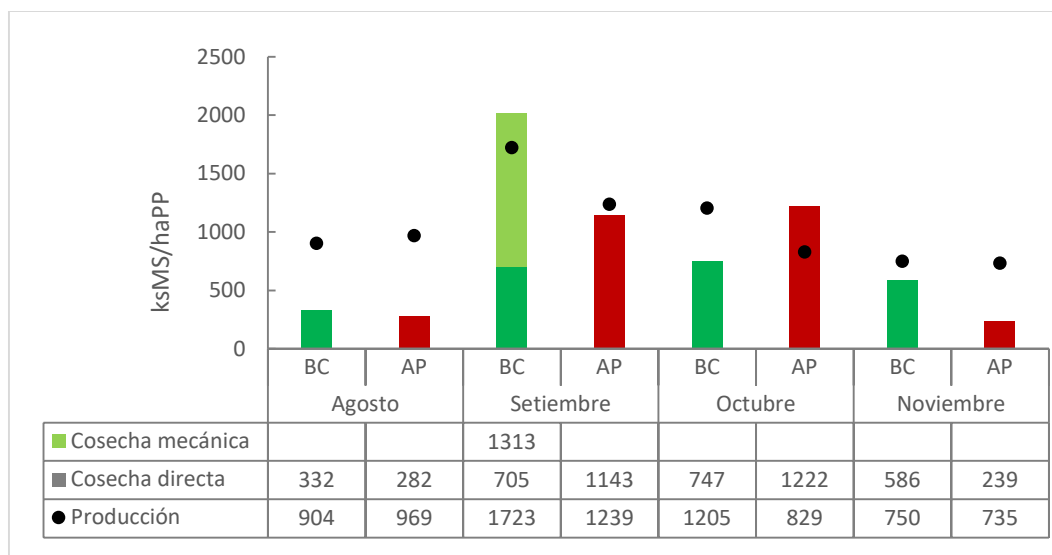


Tabla 7

Tukey ($p < 0.05$) de cosecha directa/haSEP por tratamiento

| Trat | Media | Tukey |
|------|-------|-------|
| AP | 780 | A |
| BC | 582 | B |

Tabla 8
Tukey ($p < 0.05$) de cosecha directa/haSEP mensual

| Mes | Media | Tukey |
|------------|--------------|--------------|
| Oct | 969 | A |
| Set | 938 | A |
| Nov | 515 | B |
| Ago | 303 | C |

4.1.1 Asignación de forraje y utilización

Se analizaron las asignaciones de forraje por animal, donde se encontró que el modelo fue significativo (Anexo C) y hubo diferencias entre los tratamientos (Tabla 9). Al tratamiento BC se le asignó en promedio 41 kgMS/d/VO en el periodo experimental, mientras que para el tratamiento AP fue de 28 kgMS/d/VO. El mes donde los animales tuvieron mayor asignación fue agosto, el resto del experimento la asignación promedio se mantuvo (Tabla 10).

Tabla 9
Tukey ($p < 0.05$) de asignación/VO/d para cada tratamiento

| Trat | Media | Tukey |
|-------------|--------------|--------------|
| BC | 40,98 | A |
| AP | 28,11 | B |

Tabla 10
Tukey ($p < 0.05$) de asignación/VO/d promedio mensual

| Mes | Media | Tukey |
|------------|--------------|--------------|
| Ago | 39,02 | A |
| Nov | 33,28 | B |
| Set | 33,18 | B |
| Oct | 32,69 | B |

Cabe destacar que cuando se analizaron los datos por consumo individual, el modelo estadístico de cosecha directa/VO/d fue significativo (Anexo D), y hubo un efecto del mes sobre los tratamientos (Tabla 11) siendo setiembre y octubre los meses donde cosecharon más forraje directamente los animales y los tratamientos fueron diferentes significativamente entre sí (Tabla 12), en promedio el tratamiento BC cosechó 10,3 y AP 8,13 kgMS/VO/d.

Tabla 11*Tukey ($p < 0.05$) de cosecha directa/VO/d mensual*

| Mes | Media | Tukey |
|------------|--------------|--------------|
| Set | 12,95 | A |
| Oct | 11,89 | A |
| Nov | 6,88 | B |
| Ago | 5,25 | B |

Tabla 12*Tukey ($p < 0.05$) de cosecha directa/VO/d por tratamiento*

| Trat | Media | Tukey |
|-------------|--------------|--------------|
| BC | 10,33 | A |
| AP | 8,13 | B |

Por lo tanto, el tratamiento BC tuvo mayor asignación que el AP (41 vs 28 kgMS/d/VO) y la cosecha de forraje también fue mayor en el BC. Estos resultados coinciden a su vez con los presentados por Baudracco et al. (2010) donde indica que hay una relación entre carga y asignación de forraje promedio por vaca. En general cuando los sistemas aumentaron la carga aumentó la producción por hectárea y el consumo, pero en términos individuales disminuyó la asignación de forraje por animal por animal. Estas restricciones como indica Baudracco et al. (2010) se levantaron con la suplementación adecuada permitiendo buenos resultados en la utilización global del forraje en ambos sistemas.

En la tabla 13 se observa que, ambos sistemas lograron un 75 - 80% de utilización del forraje producido en primavera. Destacando que se logró una alta eficiencia sin afectar la TC y el consumo individual a pesar de las cargas animales que fueron desde los 1,8 VO/haPP a 3,1 VO/haPP en BC y AP respectivamente. Estos resultados son similares a los obtenidos en el RTS de CRS (Ortega et al., 2024), donde la eficiencia de cosecha global fue de 81% con 1,5 VO/haPP y 84% con 2,0 VO/haPP, destacando que ese ensayo engloba un promedio de tres años de trabajo a diferencia de este trabajo que solo tiene en cuenta la primavera.

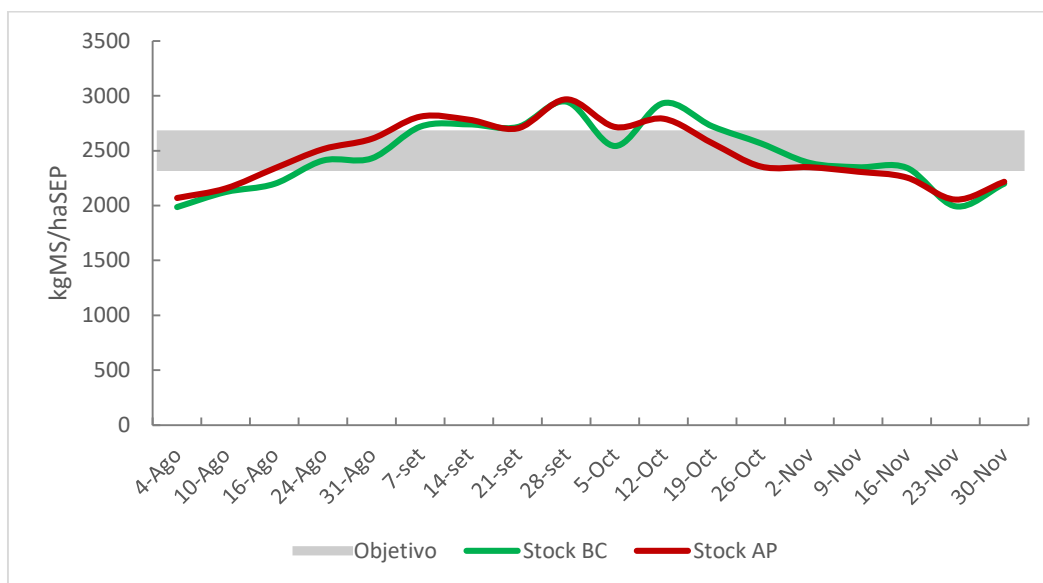
Tabla 13*Producción total, cosecha total y utilización*

| Lote | Producción total | Cosecha directa | Cosecha mecánica | Cosecha total | Utilización |
|-------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|--------------------|
| | | <i>kgMS/haPP</i> | | | <i>%</i> |
| BC | 4581 | 2370 | 1313 | 3683 | 80 |
| AP | 3772 | 2886 | 0 | 2886 | 76 |

4.1.2 Stock

El modelo estadístico para analizar el stock (Figura 7) fue significativo (Anexo E), sin embargo no se observaron diferencias significativas entre tramientos ($p = 0.85$). Donde la media del stock en AP fue de 2498 kgMS/haSEP mientras que en BC fue de 2488 kgMS/haSEP. Se observa que en setiembre hubo una subida del stock que se controló a través del pastoreo en AP, lo que explica la baja en octubre del stock y que la cosecha por ha mediante el pastoreo estuviera por encima de la producción de forraje en el área de plataforma en octubre de la figura 6.

Figura 7
Stock de los sistemas BC y AP (kgMS/haSEP)



Estos resultados obtenidos en el manejo del stock coinciden con los presentados por Baudracco et al. (2011), Fariña et al. (2011) y Patton et al. (2016) donde ellos analizaron como el aumento de la carga impactaba en los sistemas pastoriles y no encontraron diferencias en la producción, calidad y persistencia debido a que fueron sistemas que controlaron la alimentación animal con suplementos estratégicos. A diferencia de Macdonald et al. (2008) reportaron que, cuando aumentó la carga de 2,2 VO/haPP a 4,3 VO/haPP, la producción de las pasturas aumentó linealmente.

A diferencia de la metodología descrita por Fariña et al. (2017), donde el remanente a 5cm es considerado 0kgMS, el stock que utilizaron fue de 1200 kgMS mientras que por ejemplo en el el proyecto del RTS el nivel de stock manejado para la primavera fue de 1800 kgMS/haPP, encontrándose por debajo del manejado en este experimento pero utilizando la misma metodología propuesta por INIA, el 3R. Cabe resaltar que este trabajo el metodo empleado fue el doble muestreo y se considero la biomasa al ras del suelo (Ortega et al., 2024). Sin embargo, independientemente del número objetivo, la metodología ha demostrado un gran impacto cuando se implementa ya que permite tomar decisiones a tiempo para el manejo del sistema pastoril.

4.1.3 Prepastoreo y remanente

Para lograr el éxito obtenido en el control del stock se utilizó un riguroso seguimiento de los prepastoreos y postpastoreos observados en la Figura 8. Los análisis estadísticos (Anexos F y G) muestran que los modelos son significativos, pero no hubo diferencias entre tratamientos ($p = 0.6489$ prepastoreo y $p = 0.3639$ remanente). La media del prepastoreo en AP se ubicó en 2934 y en BC fue de 2906 kg MS/haSEP, siendo setiembre y octubre estadísticamente más alto que agosto y noviembre (Tabla 14). Por otra parte, el remanente promedio fue de 2123 en AP y 2082 kg MS/haSEP en BC, siendo únicamente noviembre el remanente más bajo estadísticamente (Tabla 15).

Figura 8

Prepastoreos y remanentes en los tratamientos BC y AP

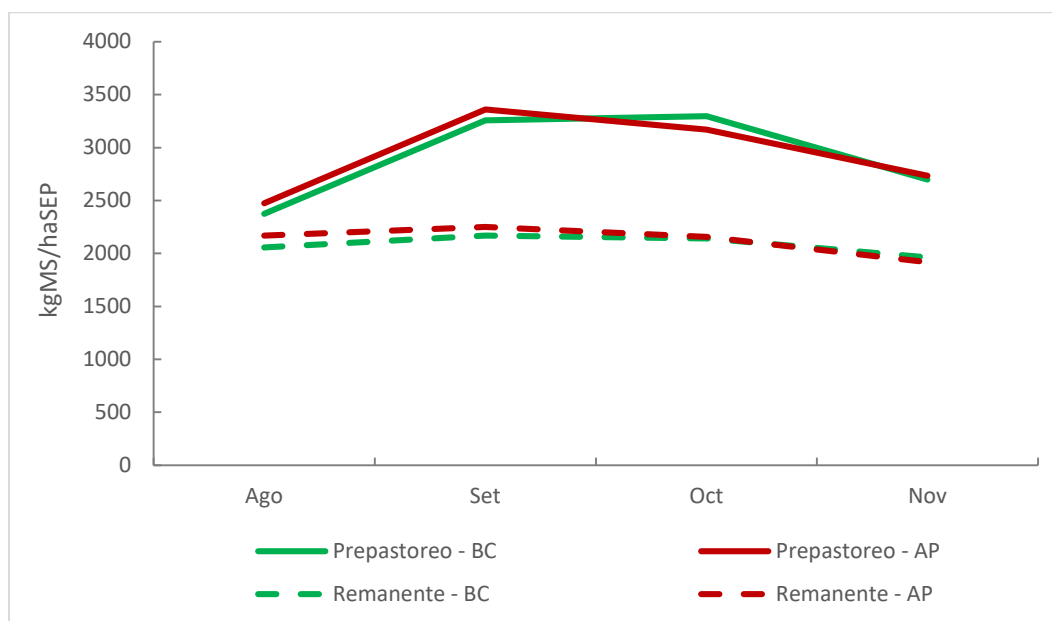


Tabla 14

Tukey ($p < 0.05$) de prepastoreo kgMS/haSEP/mes

| Mes | Media | Tukey |
|-----|-------|-------|
| Set | 3308 | A |
| Oct | 3234 | A |
| Nov | 2717 | B |
| Ago | 2424 | C |

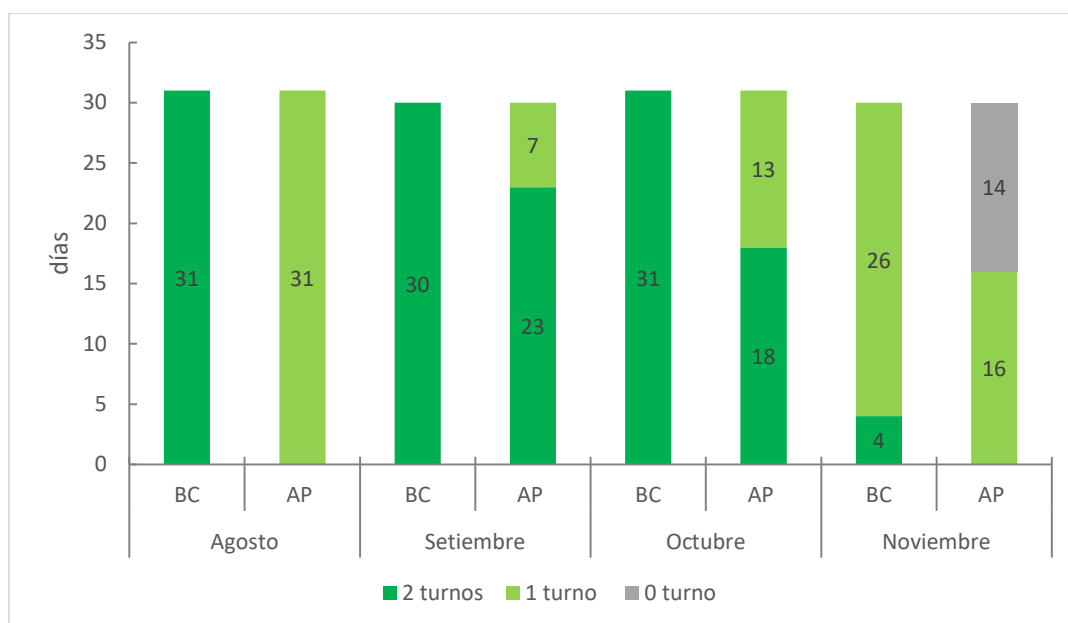
Tabla 15
Tukey ($p < 0.05$) de remanente kgMS/haSEP/mes

| Mes | Media | Tukey |
|-----|-------|-------|
| Set | 2210 | A |
| Oct | 2149 | A |
| Ago | 2112 | A |
| Nov | 1940 | B |

Los prepastoreos entran en el rango propuesto por Chapman (2016), (2600 y 3200 kgMS/ha) cual logra la mayor producción de hojas antes que empiecen a senescer las más viejas. Sin embargo, los residuos son más altos que los propuestos como objetivo (1600 kgMS/ha), similar al tratamiento subpastoreo estudiado (1850 kgMS/ha) donde la principal diferencia fue que el largo de la rotación se acortó porque se precisaron menos días para llegar al objetivo.

Este control se logró gracias al ajuste semanal de los turnos de pastoreo (Figura 9) en base a la TC, la suplementación y proporcionando reservas en caso de una reducción en el tiempo de pastoreo, y por otra parte, capturando el excedente en momentos donde el doble turno de pastoreo no fue suficiente para captar todo el crecimiento por cosecha directa. De estos resultados se desprenden los tiempos de pastoreo vs. encierro (Figuras 10 y 11), donde se observa que a mayores cargas (3,1 VO/haPP AP vs 1,8 VO/haPP BC) menores tiempos de pastoreo (61% AP vs 89% BC).

Figura 9
Turnos de pastoreo en BC y AP



Cabe destacar que estos resultados son similares a los encontrados anteriormente en CRS en el proyecto RTS, donde a medida que la carga aumentaba (1,5 VO/haPP vs 2,0 VO/haPP) disminuía el tiempo de pastoreo de 70% a 60% respectivamente (Ortega et al., 2024). Por otro lado, coinciden con los datos

presentados por Paredes y Rodio (2022), donde se pudo concluir que diferentes tiempos de ocupación no afectarían la tasa de crecimiento de pasto y a su vez, ocupaciones más largas benefician al productor reduciendo los tiempos operativos para la tarea de armado de franjas.

Figura 10

Tiempos de pastoreo y encierro en el tratamiento AP

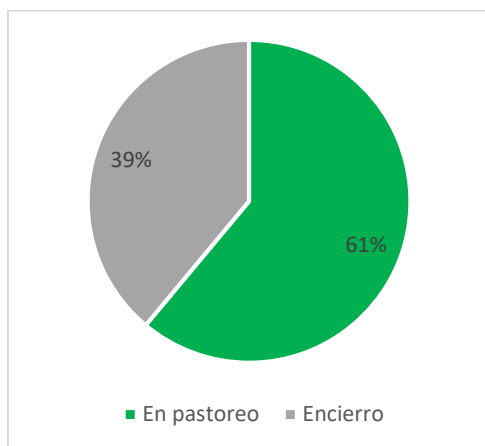
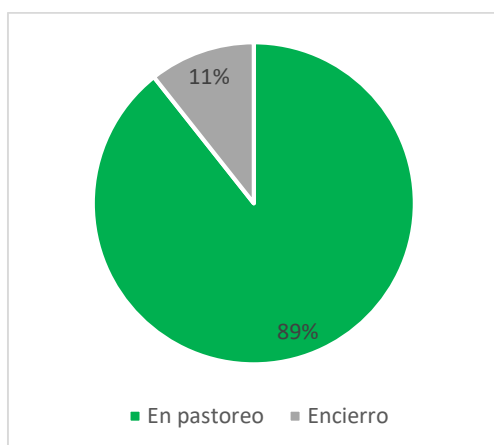


Figura 11

Tiempos de pastoreo y encierro en el tratamiento BC



4.2 ESTRUCTURA DE ALIMENTACIÓN

4.2.1 Consumo individual

El análisis estadístico realizado sobre el consumo individual en kgMS/VO/d revela la significancia del modelo (Anexo H). Sin embargo, no encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.8252$), con una media de consumo de 18,11 kgMS/VO/d en AP y 18,00 kgMS/VO/d en BC. Respecto a la reserva ofrecida en cada uno, los resultados estadísticos indican significancia en el modelo es significativo (Anexo I) y existen diferencias entre ellos, con una reserva promedio de 4,13 kgMS/VO/d en AP y 1,91 kgMS/VO/d en BC durante el período experimental (Tabla 16) siendo de mayor participación en la dieta en el mes de noviembre (Tabla 17). Por último, no se evidencian

diferencias significativas en el consumo de concentrado entre ambos tratamientos, con una media de 5,80 kgMS/VO/d (Anexo J).

Tabla 16

Tukey ($p < 0.05$) de reserva entre tratamientos

| Trat | Media | Tukey |
|-------------|--------------|--------------|
| AP | 4,13 | A |
| BC | 1,91 | B |

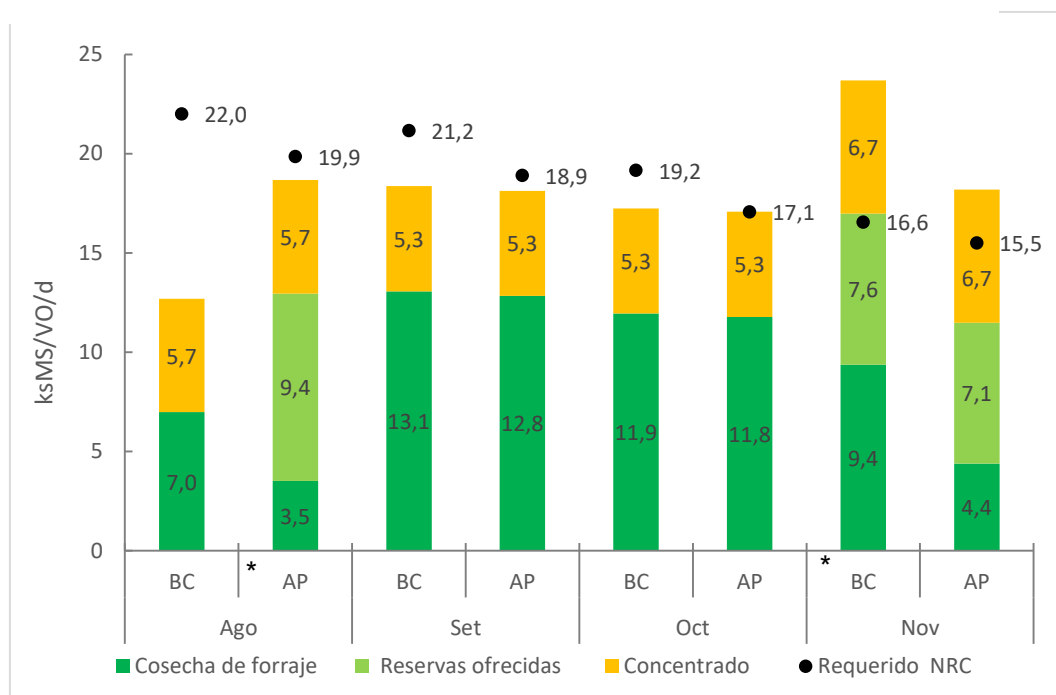
Tabla 17

Tukey ($p < 0.05$) de reserva promedio mensual

| Mes | Media | Tukey |
|------------|--------------|--------------|
| Nov | 7,37 | A |
| Ago | 4,70 | B |
| Set | 0 | C |
| Oct | 0 | C |

A lo largo del experimento, el consumo total se mantuvo en línea con las expectativas establecidas por el balance de energía, como se muestra en la Figura 12. Sin embargo, en agosto se observa una gran diferencia entre el consumo esperando y el obtenido. Podría sugerirse que en el tratamiento BC, debido a su alta producción (31kg de leche), el consumo de forraje pudo haber sido subestimado o que los animales movilizaron reservas para alcanzar esa producción contemplando el estado de avance de la lactancia, considerando los partos en el mes de julio (Figura 4). De manera similar, en el tratamiento AP, aunque se logró alcanzar el consumo esperado, donde una parte significativa de la dieta consistió en reservas, también es posible que haya habido movilización de reservas en este caso debido a que no todo lo ofrecido de reservas fue consumido.

En setiembre y octubre los consumos fueron iguales en ambos tratamientos, sin embargo, en noviembre se pudo observar diferencias entre tratamientos. En este mes, AP dejó de pastorear a mitad de mes, quedando a encierro total mientras que BC bajó de 2 turnos a 1 turno de pastoreo la mayoría del mes. El objetivo de estas acciones tomadas fue mantener el stock y debido a la disminución de la TC se procedió a ajustar el consumo de forraje a la TC, es por ello que un tratamiento lograba consumir el crecimiento con un turno (BC) y el otro tuvo que dejar de pastorear. Si bien parece que se le asignó el mismo tipo de reserva, AP fue fundamentalmente ensilaje de alta calidad y heno, mientras que en BC fue henolaje y heno.

Figura 12*Estructura de alimentación mensual para cada tratamiento*

Nota. (*) Indica diferencias significativas entre tratamientos para cada mes en consumo total ($p < 0.05$).

La estructura de alimentación individual promedio para el período evaluado revela que se requirió un 16% más de reservas en el tratamiento AP en comparación con el tratamiento BC (Figuras 13 y 14). Dependiendo de mayor cantidad de reservas también requiere de un mayor control de las mismas, conocer la oferta y demanda es indispensable para sostener el sistema en el tiempo. Por lo tanto, es crucial considerar este tipo de requisitos a medida que la carga aumenta, con el fin de evitar el sobrepastoreo y, como consecuencia, una disminución en el stock que podría afectar a todo el sistema pastoril.

Estos resultados obtenidos en el sistema BC coinciden con los reportados en el PCC por Chilibroste y Bettegazzore (2019) donde los mayores ingresos provenían de dietas con 60% de forraje del total de MS consumida. El tratamiento AP tuvo una menor inclusión del forraje de la dieta individual comparado con el tratamiento BC, sin embargo, la eficiencia de cosecha global fue igual de alta en ambos sistemas siendo altamente eficientes en el uso del sistema pastoril. Por otra parte, cuando se suman las cosechas en los distintos sistemas superan la media obtenida en PCC siendo resultados muy alentadores obtenidos con distintas estrategias.

Finalmente, cabe destacar la eficiencia de la cosecha instantánea durante el período experimental, la cual se expresó como consumo/asignación por animal, registrando un promedio de 27-30%. Estos datos muestran que una baja eficiencia en la cosecha instantánea no implica una baja eficiencia en la cosecha global, logrando valores de alrededor de un 80% de eficiencia global. Es por ello que, es recomendable

manejar el stock objetivo a un nivel que no comprometa la disponibilidad de ingreso con altas asignaciones y rondas de pastoreo que se ajusten a la TC para lograr consumir forraje de buena calidad (Baudracco et al., 2010; Mattiauda et al., 2009).

Figura 13

Estructura de alimentación del tratamiento BC promedio para el periodo

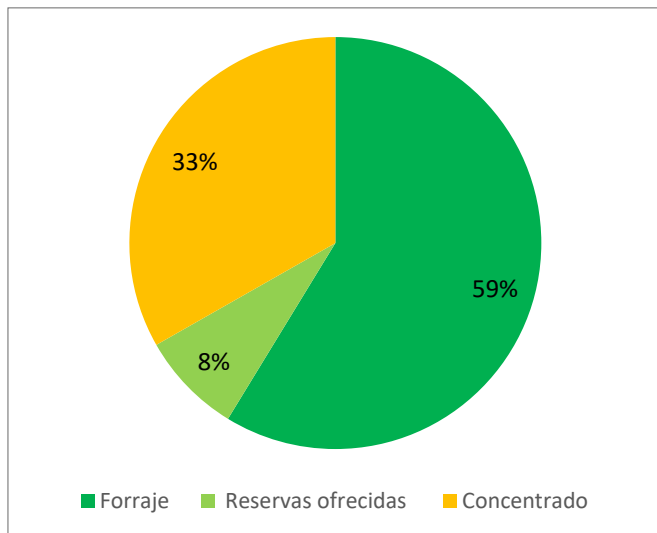
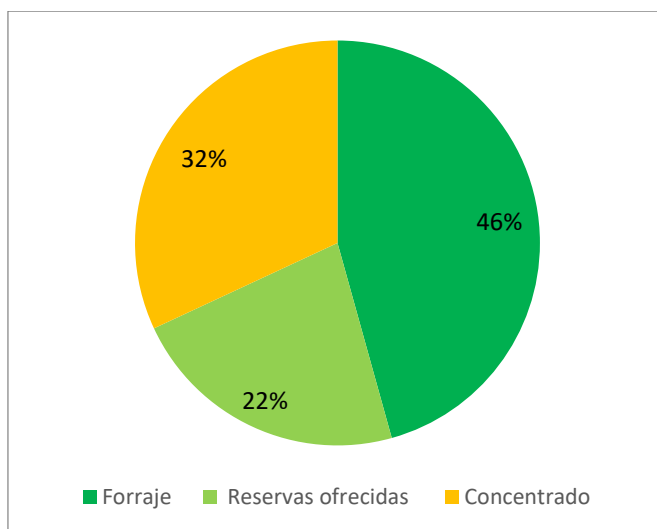


Figura 14

Estructura de alimentación del tratamiento AP promedio para el periodo



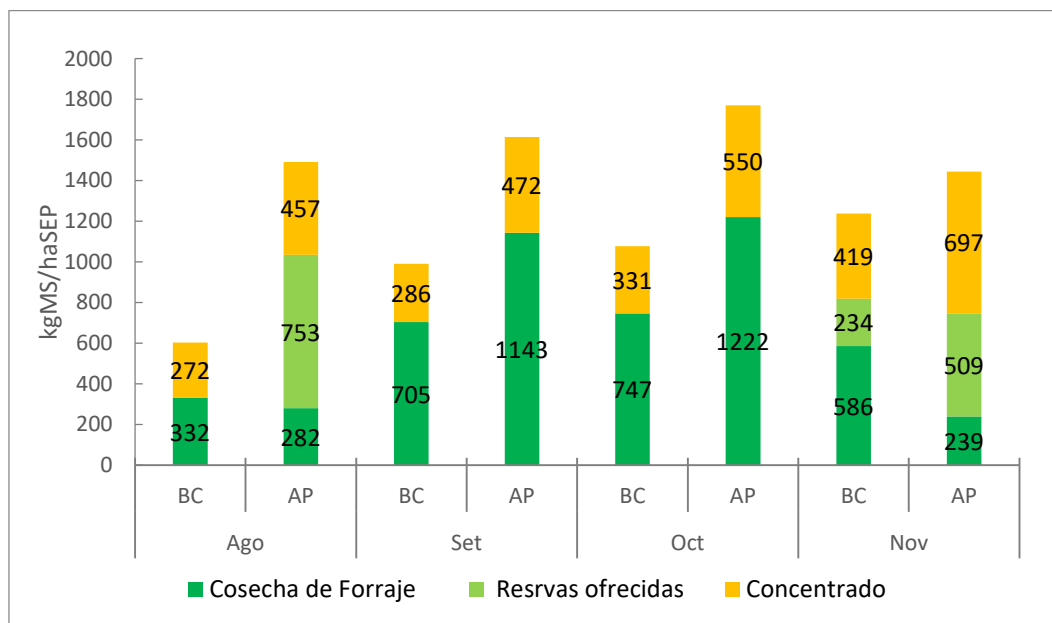
En nuestras condiciones no se constataron diferencias significativas en la calidad de los forrajes ofrecidos en ambos tratamientos (Anexo K) a diferencia de lo que reportaron Macdonald et al. (2008), donde indicaron que a medida que aumentaba la carga aumentaba la calidad de las pasturas.

4.2.2 Consumo por hectárea

En la Figura 15 se presenta la estructura de alimentación en kgMS/haSEP/mes para ambos tratamientos. En el tratamiento BC, la pastura desempeña un papel durante

todo el período, manteniendo la producción sin necesidad de importar reservas externas a la plataforma de pastoreo. Sin embargo, el sistema AP, durante los meses de agosto y noviembre, cuando las tasas de crecimiento fueron menores, fue necesario recurrir al apoyo de reservas forrajeras.

Figura 15
Estructura de alimentación kgMS/haSEP/mes



En términos generales, estos datos muestran cómo cambia la estructura de alimentación al aumentar la carga. Como mencionó Patton et al. (2016), incrementar la carga animal requiere una mayor incorporación de suplementos y forraje adicional, sin necesidad de incurrir en sobrepastoreo. Además, en línea con investigaciones previas (Baudracco et al., 2011; Chilibroste & Bettegazzore, 2019; McMeekan & Walshe, 1963), se logró optimizar la cosecha por hectárea en ambos ensayos sin comprometer la producción de forraje. Este logro estuvo acompañado por un aumento en los suplementos, enfocándose en la cosecha directa durante los incrementos en la carga animal como es el caso del tratamiento AP.

En resumen, los cambios en la carga, implicaron cambios en la estructura de alimentación, pero no necesariamente fueron cambios lineales, dependiendo del nivel de carga que se maneje se puede ser eficiente solamente con cosecha directa o con una combinación de directa y mecánica siendo posible llegar a niveles de utilización similares. Estas combinaciones son variadas y son adaptables a cualquier sistema teniendo un buen control del stock, TC y de la dieta en base a los requerimientos nutricionales del rodeo.

4.3 PESO VIVO Y CONDICIÓN CORPORAL

4.3.1 Peso vivo

El modelo estadístico de peso vivo (PV) es significativo (Anexo L). Hay diferencia significativa entre tratamientos ($p = 0.043$) (Tabla 18) en promedio del tratamiento BC

fue de 482 kg y 465 del AP, cabe destacar que la MDS para los tratamientos fue de 12 kg, por lo que es análisis de Tukey es muy exigente entre los tratamientos.

Tabla 18

Tukey ($p < 0.05$) de peso vivo entre tratamientos

| Trat | Media | Tukey |
|------|-------|-------|
| BC | 482 | A |
| AP | 465 | B |

Por otra parte, en la figura 16 los resultados se expresaron en kgPV/haPP, el análisis estadístico es significativo (Anexo M). Hay diferencia entre los tratamientos (Tabla 19), donde la media para el tratamiento BC fue de 880 kgPV/haPP mientras que el AP fue de 1445 kgPV/haPP.

Figura 16

Peso vivo expresado como kg/VO y kg/haPP

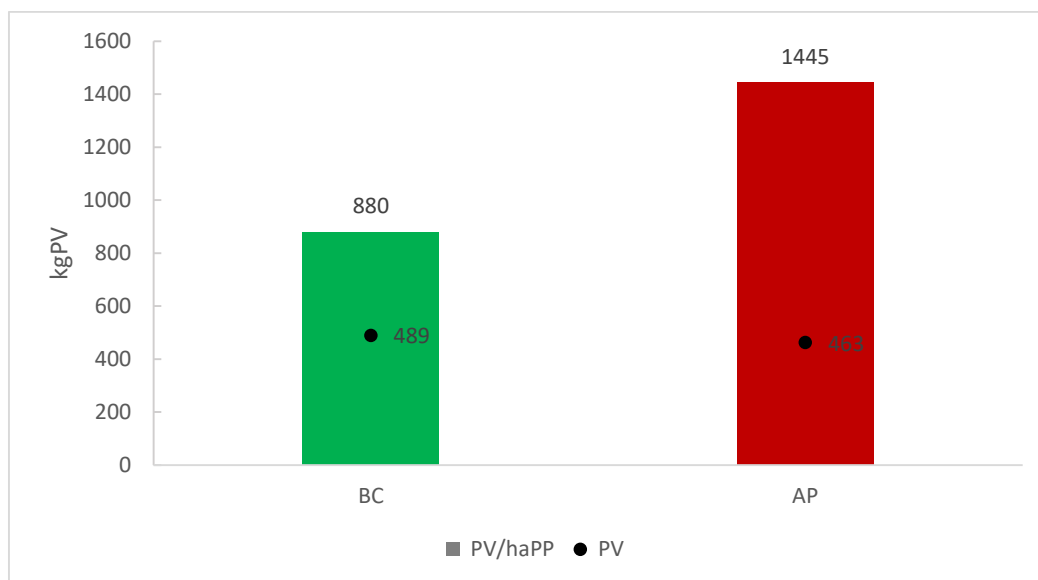


Tabla 19

Tukey ($p < 0.05$) de peso vivo por hectárea entre tratamientos

| Trat | Media | Tukey |
|------|-------|-------|
| BC | 1445 | A |
| AP | 880 | B |

En la tabla 20 se presentan los resultados obtenidos en estos experimentos donde se puede observar que con diferente carga se pueden obtener resultados productivos similares, dependiendo del fenotipo de la vaca utilizado y también de la raza.

Tabla 20*Comparación de carga, PV y sólidos con experimentos anteriores*

| Experimentos | Carga VO/haPP | Kg PV/haPP | sólidos/haPP/mes |
|--------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|
| EEMAC | 2,5 | 1500 | 149 |
| AP | 3,1 | 1445 | 167 |
| vaca grande dieta | 2,0 | 1100 | 125 |
| vaca grande pasto | 2,0 | 1100 | 121 |
| vaca chica dieta | 2,4 | 1080 | 131 |
| vaca chica pasto | 2,4 | 1080 | 139 |
| BC | 1,8 | 880 | 112 |

En el proyecto 10-MIL (Stirling et al., 2021), trabajó con dos genotipos de vacas: vaca chica (450 kg) y vaca grande (550 kg) donde las vacas chicas se manejaron con una carga de 2,4 VO/haPP mientras que las grandes se manejaron a una carga de 2,0 VO/haPP el PV obtenido por ha fue de 1080 kgPV/ha con las vacas chicas y 1100 kgPV/ha con las vacas grandes, por ende, a pesar de las diferencias en genotipos y carga animal se llega al mismo resultado en kgPV por hectárea, mostrando que las combinaciones que se pueden realizar son infinitas, sin embargo, en cuanto a resultados productivos, el ingreso fue mayor con vacas chicas y mayor carga al igual que el margen de alimentación con vacas chicas y cuando la dieta es principalmente pastoril.

En el ensayo RTS EEMAC (Chilibroste et al., 2020; Méndez et al., 2023) probaron distintas dietas, una con mayor proporción de forraje en la dieta y la otra con mayor contenido de concentrados y reservas donde se trabajó con un PV promedio de 1500 kg/haPP con una carga de 2,5 VO/haPP, siendo esta similar a la utilizada por INIA, pero con un 50% de peso vivo por hectárea.

En comparación al experimento de EEMAC, el peso vivo por animal es mayor debido a que los animales utilizados fueron Holando americano mientras que en AP se utilizaron animales Holando neozelandés, jersey y cruza, lo cual puede explicar la diferencia en producción de sólidos. Por otro lado, si se comparan las producciones de sólidos obtenidos en INIA, los resultados son similares comparados con el tratamiento BC, pero con estrategias diferentes, INIA con mayor carga y animales más livianos que con BC, menores cargas y animales más pesados.

Estos ejemplos muestran que, es importante definir no solo la carga que se va a trabajar, sino que además tener en cuenta el PV individual para poder sostener la producción individual. El trabajar con animales más grandes (700 kgPV) implica mayores requerimientos para mantener el balance energético y producir leche, al aumentar la carga en estos sistemas también aumentan los requerimientos por hectárea, esto en situaciones de déficit hídrico, exceso de lluvias y situaciones adversas al correcto funcionamiento del sistema pastoril implica contar con mayor disponibilidad de reserva externa y concentrados para lograr mantener la producción, de lo contrario es posible que no se preñen y provocar una baja en la producción. Sin embargo, cuando

se trabaja con la misma carga, pero con animales más chicos (450 kgPV) estos riesgos son menores porque con menos alimento por hectárea logran tener mejor performance energética y por lo tanto es menos riesgoso que no se preñen y así alargar la productividad de los animales. Finalmente destacar que en el proyecto 10-MIL (Stirling et al., 2021) se pudo evidenciar una tendencia en mejores índices productivos en vacas chicas que en vacas grande, estos incluyeron menos inseminaciones/preñez y mayor porcentaje del rodeo preñado en menos de 110 días.

4.3.2 Condición corporal

El análisis estadístico de la condición corporal es significativo (Anexo N) y muestra que hay diferencia significativa entre tratamientos ($p = 0.008$). La media para el periodo evaluado en BC fue de 2,81 y en tratamiento AP fue de 2,74. Cabe destacar que la DMS = 0.05 entre tratamientos (Tabla 21).

Tabla 21

Tukey ($p < 0.05$) de condición corporal entre tratamientos

| Trat | Media | Tukey |
|-------------|--------------|--------------|
| BC | 2,81 | A |
| AP | 2,74 | B |

En la tabla 22 se observa que las diferencias son acotadas, pero así como el PV fue significativo, lo acompaña la condición corporal. Se puede observar como hay una tendencia de que a medida que pasa el experimento va aumentando la condición corporal.

Tabla 22

Condición corporal en tratamiento BC y AP

| Mes | BC | AP |
|------------|-----------|-----------|
| | CC | |
| Ago | 2,78 | 2,69 |
| Set | 3,78 | 2,68 |
| Oct | 2,79 | 2,79 |
| Nov | 2,90 | 2,82 |

Según López (2006), una condición corporal óptima debe de ubicarse entre 2,5 a 3,5 en los primeros 100 – 120 días de lactación por lo tanto los valores obtenidos se encuentran en los rangos propuestos debido a que la mayor cantidad de partos se dieron en el mes de julio en el AP y la mitad en el tratamiento BC. Por lo tanto, en octubre donde la media fue de 2,79 es adecuado.

A pesar de que el tratamiento AP estuvo mayor tiempo a encierro, la condición fue menor que en el tratamiento BC, se podría pensar que tuvieron menor gasto energético al tener menos tiempo de pastoreo, sin embargo, la estabilidad de la dieta en BC podría haber provocado un mayor confort animal logrando aumentar más rápido la

condición corporal. A su vez destacar que el encierro de AP no tenía sombra y a altas temperaturas pudo haber jugado en contra del bienestar animal.

4.4 PRODUCCIÓN DE LECHE Y PRODUCTIVIDAD

4.4.1 Producción individual de sólidos

El análisis estadístico de la producción individual de leche (kg/VO/d) es significativo (Anexo O). Hubo diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0.0001$). La media de producción del tratamiento BC fue de 25,44 kg/VO/d mientras que en el tratamiento AP fue de 23,14 kg/VO/d (Tabla 23). En la tabla 24 y figura 17 puede observar una tendencia de disminución en la producción de leche general, pudiendo atribuirse en parte al avance de la lactancia y por otra parte a la disminución en las sesiones de pastoreo y los aumentos de temperatura más adentrados en la primavera.

Tabla 23

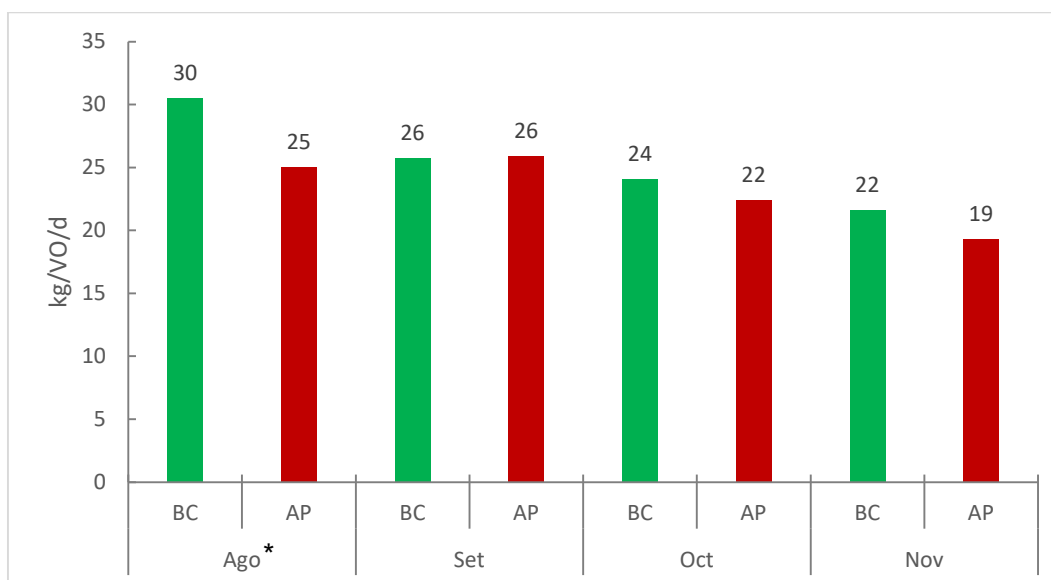
Tukey ($p < 0.05$) de producción de leche (kg/VO/d) entre tratamientos

| Trat | Media | Tukey |
|-------------|--------------|--------------|
| BC | 25,44 | A |
| AP | 23,14 | B |

Tabla 24

Tukey ($p < 0.05$) de producción de leche (kg/VO/d) promedio mensual

| Mes | Media | Tukey |
|------------|--------------|--------------|
| Ago | 27,73 | A |
| Set | 25,81 | B |
| Oct | 23,20 | C |
| Nov | 20,43 | D |

Figura 17*Producción individual de leche/VO/d*

Nota. (*) Indica diferencias significativas entre tratamientos para el mes con un p valor <0.05

Si bien el tratamiento BC tuvo mayores producciones individuales promedio para el período, únicamente en el mes de agosto se hallaron diferencias significativas entre tratamientos. Como muestran las figuras 7 y 8, para este mes tanto el stock como la disponibilidad prepastoreo y postpastoreo fueron iguales. La principal diferencia fue que AP tuvo una sesión de pastoreo mientras que el tratamiento BC tuvo dos, pudiendo provocar diferencias en la performance individual. En general los sistemas mixtos producen más leche por tener menor gasto energético y mayor confort (Chilibroste et al., 2020), por lo que, se podría pensar que el alimento ofrecido en el tratamiento AP no cubrió la demanda o las condiciones del encierro no fueron tan favorables como las esperadas.

En comparación con los resultados obtenidos por Ortega et al. (2024) que están expresados en promedio año, son similares teniendo en cuenta que en primavera los valores de producción suben en este sistema. En 1,5 VO/haPP la producción fue de 21,0 kg/VO/d y con 2,0 VO/haPP fue de 21,7 kg/VO/d con una estructura de alimentación similar e igual PV de animales mientras que en BC la producción fue de 25,44 kg/VO/d y en el tratamiento AP 23,14 kg/VO/d.

El modelo que vincula el análisis entre la producción de grasa kg/VO/d y el sistema de producción es significativo (Anexo P). Se hallaron diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0.0146$), siendo la media del tratamiento BC de 1,07 y de 0,99 kg grasa/VO/d para el tratamiento AP (Tabla 25).

Tabla 25*Tukey ($p < 0.05$) de producción de grasa (kg/VO/d) entre tratamientos*

| Trat | Media | Tukey |
|-------------|--------------|--------------|
| BC | 1,07 | A |
| AP | 0,99 | B |

En cuanto a la proteína, el modelo fue significativo (Anexo Q) y también hubo diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0.0001$) siendo la media 0,90 y 0,78 kg Proteína/VO/d en BC y AP respectivamente (Tabla 26).

Tabla 26*Tukey ($p < 0.05$) de producción de proteína (kg/VO/d) entre tratamientos*

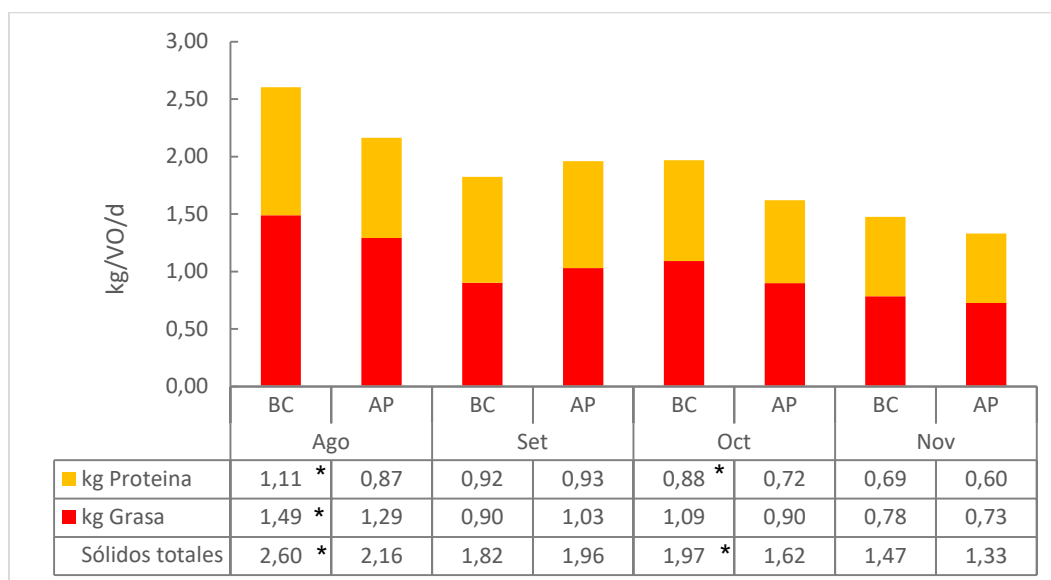
| Trat | Media | Tukey |
|-------------|--------------|--------------|
| BC | 0,90 | A |
| AP | 0,78 | B |

En la figura 18 donde se visualiza la producción de sólidos, se analizó la suma de sólidos (grasa + proteína), el modelo es significativo (Anexo R) y se obtuvo que hubo diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0.0001$), siendo la media 1,97 y 1,77 kg Sólidos/VO/d en BC y AP respectivamente (Tabla 27).

Tabla 27*Tukey ($p < 0.05$) de producción de sólidos totales (kg/VO/d) entre tratamientos*

| Trat | Media | Tukey |
|-------------|--------------|--------------|
| BC | 1,97 | A |
| AP | 1,77 | B |

Figura 18
Producción individual de sólidos



Nota. (*) Indica diferencias significativas entre tratamientos para el mes con un p valor <0.05

Al comparar los sólidos obtenidos en el RTS, estos fueron 1,58 y 1,63 kg/VO/d con 1,5 VO/haPP y 2,0 VO/haPP respectivamente, mientras que en este experimento fue de 1,97 Sólidos/VO/d en BC y 1,77 Sólidos/VO/d en el tratamiento AP, atribuido a la mayor cantidad de litros por vaca. Cabe destacar que el comportamiento fue el contrario al obtenido por Ortega et al. (2024), a medida que aumentaba la carga, aumentó la producción y los sólidos, mientras que en estos sistemas con el aumento de la carga disminuyó la producción individual al igual que los datos presentados por Macdonald et al. (2008).

En la Figura 19 se muestra la evolución de los sólidos como porcentaje. Los modelos fueron significativos (Anexos S y T). Existieron diferencias entre tratamientos en el porcentaje de proteína (Tabla 28) siendo la media del tratamiento BC 3,64% y 3,49% en el tratamiento AP. Sin embargo, entre tratamientos no hubo diferencia significativa en el porcentaje de grasa ($p = 0.3228$) siendo la media de AP 4,42% y 4,30% del tratamiento BC (Tabla 29).

Tabla 28
Tukey ($p < 0.05$) de producción de proteína (%/VO/d) entre tratamientos

| Trat | Media | Tukey |
|------|-------|-------|
| BC | 3,64 | A |
| AP | 3,49 | B |

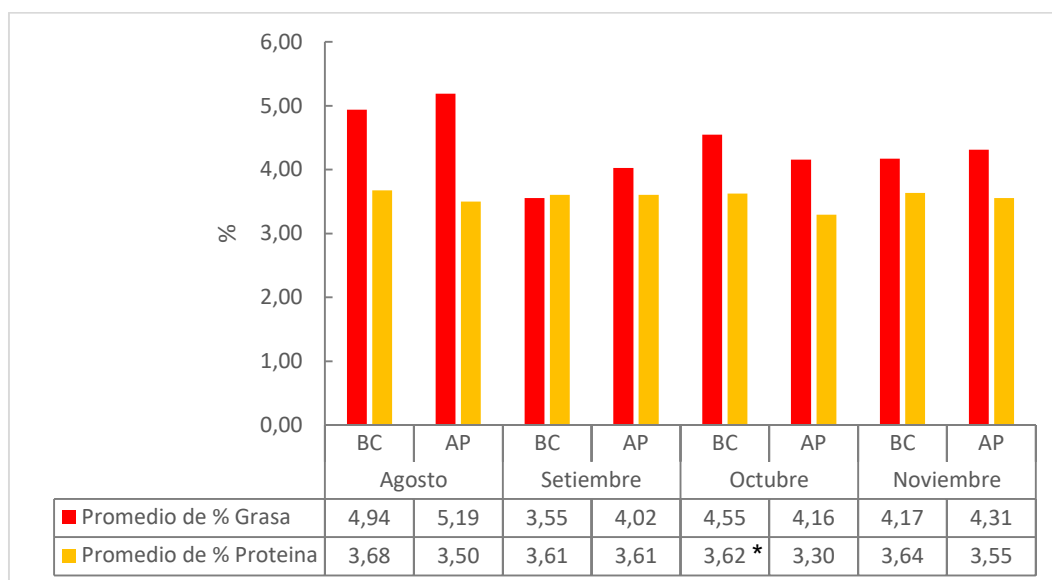
Tabla 29

Tukey ($p < 0.05$) de producción de grasa (%VO/d) entre tratamientos

| Trat | Media | Tukey |
|------|-------|-------|
| AP | 4,42 | A |
| BC | 4,30 | A |

Figura 19

Porcentaje de grasa y proteína en leche



Nota. (*) Indica diferencias significativas entre tratamientos para el mes con un p valor <0.05

Cuando se analiza el porcentaje de sólidos en la producción, BC tuvo mayores proporciones en proteína, no siendo así en grasa. Cuando estos porcentajes los expresamos en sólidos totales, teniendo en cuenta la producción individual que solo fue diferente en agosto entre tratamientos, el BC también tuvo un mejor desempeño a pesar de las diferencias de las dietas, las mejores condiciones de sombra y temperatura a lo largo del experimento pudieron provocar estas diferencias significativas, donde BC tuvo una mejor performance de producción individual de sólidos que el tratamiento AP.

4.4.2 Productividad por hectárea

Se analizó el modelo de productividad en kg de leche por hectárea y sólidos por hectárea y ambos fueron significativos (Anexo U y V). Hubo diferencias significativas para la variable productividad de leche por ha entre tratamientos siendo de 2159 y 1421 kg leche/haPP/mes para el tratamiento AP y BC respectivamente (Tabla 30). Por otra parte, también hubo diferencias significativas entre tratamientos cuando se analizaron los sólidos por hectárea, siendo 163 y 109 kg sólidos/haPP/mes en AP y BC respectivamente (Tabla 31).

Tabla 30

Tukey ($p < 0.05$) de producción de producción de leche (kg/haPP/mes) entre tratamientos

| Trat | Media | Tukey |
|------|-------|-------|
| AP | 2159 | A |
| BC | 1421 | B |

Tabla 31

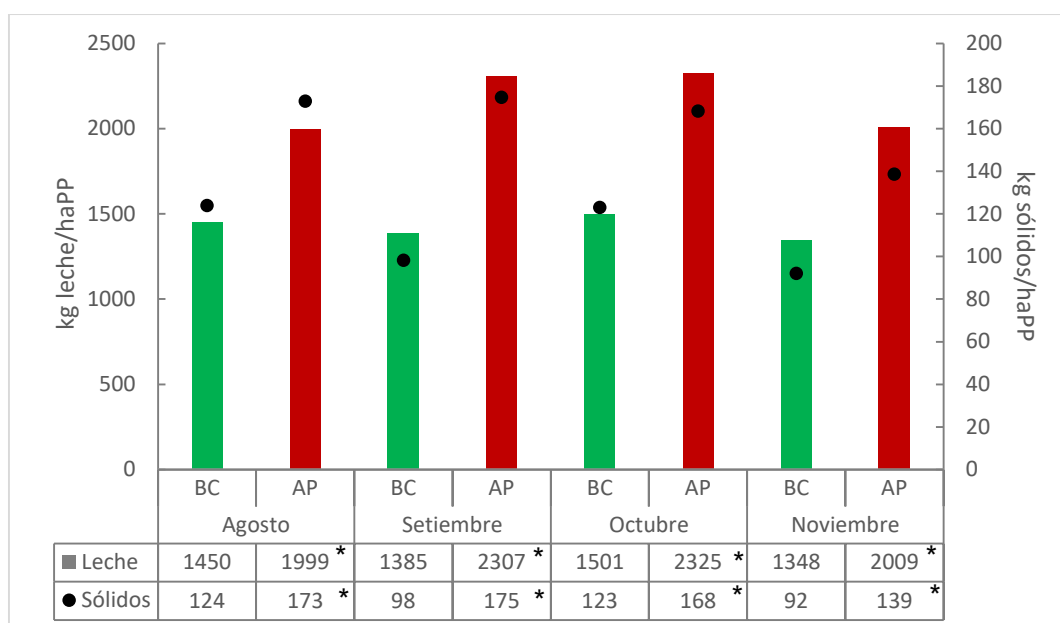
Tukey ($p < 0.05$) de producción de producción de sólidos (kg/haPP/mes) entre tratamientos

| Trat | Media | Tukey |
|------|-------|-------|
| AP | 163 | A |
| BC | 109 | B |

En la figura 20, se ven diferencias de producción de leche por hectárea en todo el periodo y también de sólidos siendo el tratamiento AP el que tuvo mejor desempeño debido principalmente a su alta carga y como se vio en la figura N° 17 a pesar de tener una menor producción individual, el impacto de la carga fue muy positivo. A pesar de que el tratamiento BC tuvo mayor producción individual en agosto, no logró compensar la productividad por hectárea en comparación al tratamiento AP. Estos resultados coinciden con los encontrados por McMeekan y Walshe (1963) y Baudracco et al. (2011), Ortega et al. (2024), donde el aumento de la carga se expresa en mayores producciones por hectárea que tienen un gran impacto en la productividad pero que requieren mayores inversiones y más suplementos.

Figura 20

Producción de leche y sólidos por hectárea



Nota. (*) Indica diferencias significativas entre tratamientos para el mes con un p valor <0.05

En la figura 21 y 22 se presentan los resultados totales para la primavera, muestra el impacto del aumento de la carga en la producción total. En comparación con el trabajo de Ortega et al. (2024) el impacto de aumentar 1,5 a 2,0 VO/haPP fue de 3843 a 5294 kg leche/haPP en primavera, producción similar a la obtenida en BC con una carga similar. En resumen, el aumento de la carga potenció la producción de leche y de sólidos en un 65% para el periodo evaluado.

Figura 21

Producción de leche total en el periodo por haPP

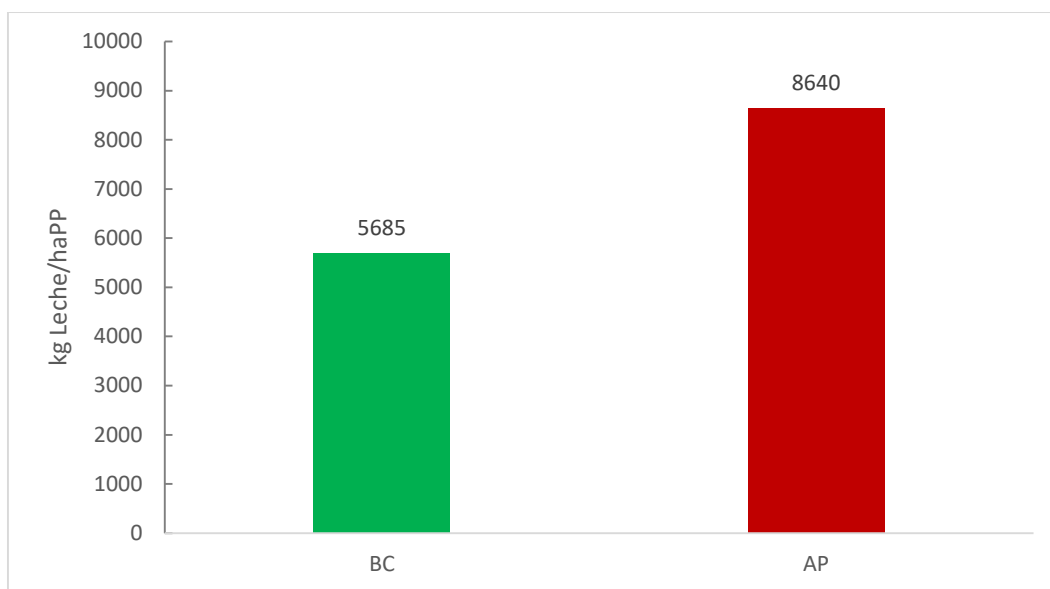
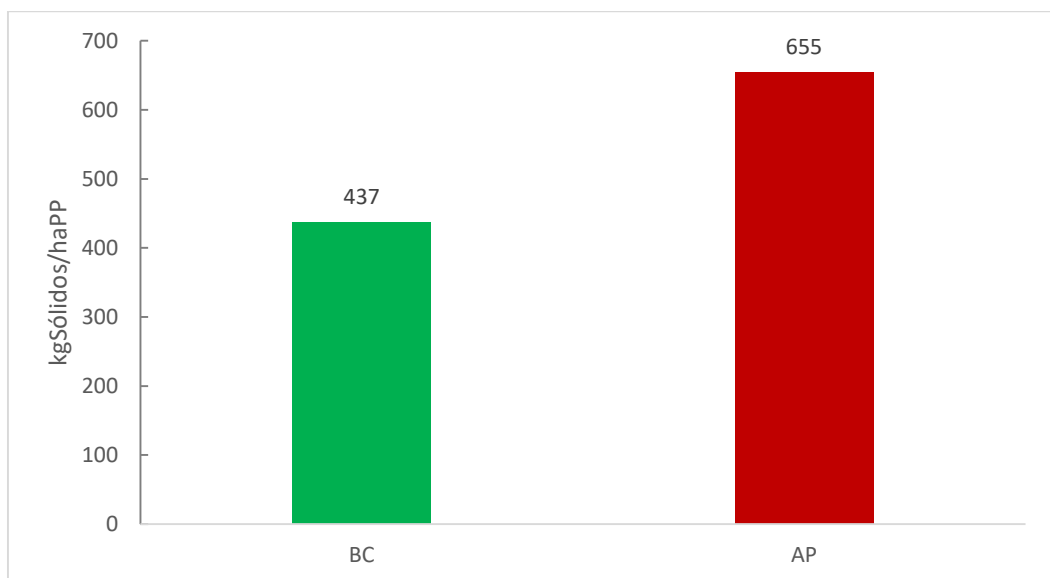


Figura 22

Producción de sólidos totales en el periodo por haPP



A modo de resumen, en la tabla 32 se presentan los valores de la producción y productividad para los dos tratamientos, estos resultados también coinciden con los encontrados por Fariña et al. (2011) donde muestra que el aumento de la carga tiene

mayor impacto en la productividad por hectárea que el aumento de la producción individual.

Tabla 32

Resumen de indicadores de producción

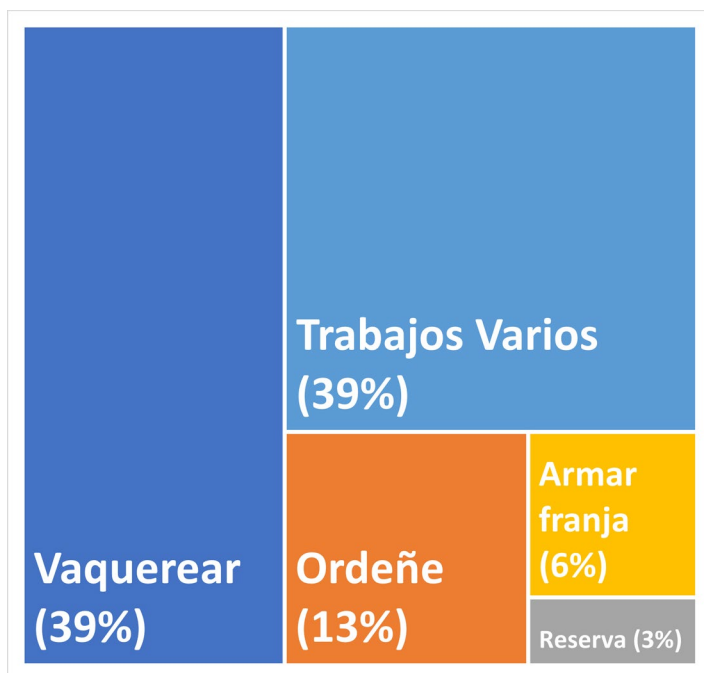
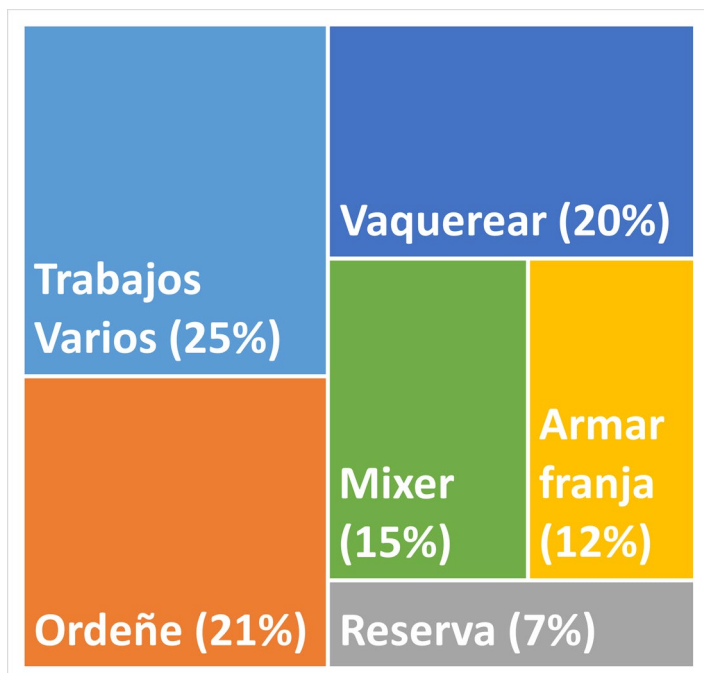
| Indicador | BC | AP |
|---------------------------|-----------|-----------|
| Leche kg/VO/d | 25,44* | 23,10 |
| Grasa kg/VO/d | 1,07* | 0,99 |
| Proteína kg/VO/d | 0,90* | 0,78 |
| Grasa % | 4,42 | 4,30 |
| Proteína% | 3,64* | 3,49 |
| leche/haPP/mes | 1421 | 2159* |
| sólidos/haPP/mes | 109 | 163* |
| Leche/haPP total | 5658 | 8640* |
| Sólidos/haPP total | 437 | 655* |

Nota. (*) Indica diferencias significativas entre tratamientos con un p valor <0.05

4.5 TIEMPOS OPERATIVOS

Basándose en la estructura de alimentación, se estimaron los tiempos operativos para diferentes tareas (Figuras 23 y 24). Se observa una variación en la asignación de tiempos destinados a las diversas tareas, destacando que a medida que aumentan las sesiones de pastoreo, se intensifica la necesidad realizar una nueva franja de pastoreo. Esto incluye asegurarse de que la franja de pastoreo esté cuidadosamente delimitada para evitar el desperdicio de recursos y que los animales no se dispersen, así como garantizar que la parcela cuente con acceso al agua necesaria, y llevar a cabo inspecciones regulares de la entrada y salida de los animales de la franja, ajustando su tamaño según las necesidades.

En el tratamiento BC, el tiempo de "trabajos varios" fue mayor que en AP, ya que se realizó una revisión de parcelas diariamente debido a su mayor tiempo en pastoreo. Por otro lado, el armado de franjas requirió menos tiempo por día en BC porque los animales pastorearon durante 3-4 días, mientras que, en AP el armado de franjas representó mayor dedicación, ya que se hizo por turnos.

Figura 23*Tiempos operativos en tratamiento BC***Figura 24***Tiempos operativos en tratamiento AP*

En situaciones de menor actividad de pastoreo o incluso la ausencia total de pastoreo, se requieren tiempos operativos para atender otras labores. Esto implica la gestión de infraestructura, como el uso del mixer, la disposición de la playa de comida, la manipulación de herramientas como la pala, entre otros elementos. Sin embargo, cuando la infraestructura ya está instalada, facilita el manejo del rodeo mejorando los tiempos operativos.

En promedio, para el tratamiento BC, las diferentes tareas que solo contemplan la operativa diaria requirieron 143 horas mensuales, siendo 575 horas totales para el período experimental, mientras que para el AP fueron 153 horas mensuales, con 614 horas totales. Solo hay una diferencia de 10 horas mensuales entre los sistemas; cabe destacar que el cambio de carga, acompañado de un cambio en la estructura de alimentación, también influye en la dinámica de las actividades y los tiempos operativos.

Cabe destacar que este análisis es solo contemplando actividades de primavera, en invierno podría cambiar la asignación del trabajo siendo quizá mayores tiempos armando franja porque en general hay mayor disponibilidad de forraje que en una primavera seca y menores tiempos de encierro, en casos de inviernos secos, de lo contrario en inviernos lluviosos el tiempo de encierro en AP podría ser más importante aumentando tiempos de ofrecer reservas. Otro escenario diferente puede ser el otoño, donde se siembran la mayor cantidad de verdes y praderas, en este escenario el tiempo destinado al armado de franjas y vaquero será menor siendo de mayor impacto actividades relacionadas a manejo del rodeo en situaciones de menor tiempo de pastoreo.

Cuando se observan las actividades en h/VO, en sistemas que requieren mayor trabajo como el AP, también suelen tener mayores VO por lo que el tiempo se diluye por animal. En situaciones más familiares con rodeos más pequeños, los tiempos se asemejan al tratamiento BC, siendo la parte más importante y de mayor impacto el manejo del sistema pastoril. Cuando los sistemas se complejizan los animales pasan más tiempo encerrados siendo el principal desafío que esto no afecte el consumo de alimento, el confort animal y la producción individual. Este trabajo demuestra que el hecho de dedicarle menor tiempo al armado de franja no deja de lado la gestión del forraje en el área de pastoreo, realizando control de la asignación de forraje, mediante la TC y el stock, solo que brinda la oportunidad de ofrecer en más días la comidas.

5. CONCLUSIONES

Las estrategias de alimentación para los sistemas AP y BC utilizadas fueron diferentes, mostrando que la cosecha directa fue mayor en el tratamiento AP que en BC, pero la utilización del forraje producido fue similar en ambos tratamientos (75-80%), debido a que BC cosechó mecánicamente el excedente producido para la confección de reservas. A su vez, el manejo de prepastoreo y remanentes permitió mantener el stock sin diferencias significativas entre los tratamientos. Para mantener estos valores de ingreso y egreso de la pastura, se ajustaron los turnos de pastoreo en base a la TC, siendo menor el tiempo en el tratamiento AP que en BC, así como el ajuste de la suplementación. Estos resultados resaltan la importancia del control del pastoreo para mantener la productividad del sistema y destacan que no hay diferencias entre ocupaciones diarias o de 3-4 días asociados alto grado de control empleado en la gestión del forraje producido. Además, indican que una baja cosecha instantánea (25-30%) no implica una baja eficiencia en la cosecha global, siempre y cuando se maneje un stock objetivo que no comprometa la disponibilidad de forraje, ajustando las rondas de pastoreo a la tasa de crecimiento para consumir forraje de buena calidad

En cuanto a la estructura de alimentación por vaca ordeñe se visualizaron algunas diferencias sobre todo en la asignación de forraje por animal que fue mayor en el tratamiento BC, al igual que la cosecha directa, sin embargo, el consumo total individual fue igual en ambos tratamientos, producto de un mayor consumo de reservas por parte de AP. Por último, se destaca que el tratamiento BC sostuvo la producción con una dieta basada en forraje (67%), sin necesidad de importar reservas externas, mientras que en AP la inclusión del forraje fue de 46%.

Las mediciones en los animales mostraron que el PV individual fue mayor en el tratamiento BC que en AP, pero el PV por hectárea fue mayor en AP que en BC, demostrando que la carga animal, el fenotipo de la vaca y la raza pueden afectar el PV/ha. La producción individual de leche y de sólidos fue mayor en BC que en AP, pero la productividad por hectárea de leche y de sólidos fue mayor en AP que en BC debido al salto en la carga. Este trabajo deja en evidencia el impacto de la carga animal en la productividad por hectárea.

Si bien los resultados productivamente son muy alentadores, es importante resaltar que no se puede establecer que un sistema es mejor que el otro. La elección de un sistema dependerá de los objetivos de producción específicos y de los recursos disponibles en cada contexto, así como también de las metas productivas de cada productor. Lo que deja en evidencia es que independientemente de la infraestructura y el nivel de inversión, es posible lograr un sistema con altos valores de forraje cosechados por ha acompañado de buenos niveles de productividad, donde cada sistema tiene sus ventajas y consideraciones individuales. Finalmente, también considerar que los tiempos operativos pueden ser similares entre sistemas, pero la distribución del trabajo será diferente, así como la inversión e infraestructura y el tipo de operario necesario para manejar los distintos sistemas.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguerre, M., Cajarville, C., La Manna, A., Cavestany, D., Mendoza, A., Mattiauda, D., Carriquiry, M., Repetto, J. L., & Chilibroste, 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; CRL lechero; INALE.
<http://www.spluy.com/documentos/difusion/RevistaEstrategiasdealimentacion.pdf>
- Arcos, A. (2008). *Estudio de la incidencia de algunos factores ambientales relevantes para la producción de leche* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/1693>
- Bailon, F., Fernandez, L., Pesoa, S., Menegazzi, G., Fast, O., Oborsky, M., Mattiauda, D., & Chilibroste, P. (2020). *Pastoreo en franjas diarias o semanales: Efectos sobre la producción de leche y la defoliación de la pastura* [Webinar]. Facultad de Agronomía.
<https://www.youtube.com/watch?v=yfNUUz6Yys&list=PLrqZuEdZFzBXRxGo--Sh84-QdzPAPQ2bK&index=3>
- Baudracco, J., Lopez Villalobos, N., Holmes, C., & Macdonald, K. (2010). Effects of stocking rate, supplementation, genotype and their interactions on grazing dairy systems: A review. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 53(2), 109-133. <https://doi.org/10.1080/00288231003777665>
- Baudracco, J., Lopez Villalobos, N., Romero, L. A., Scandolo, D., Maciel, M., Comerón, 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>
- Bretschneider, G., & Salado, E. (2010). *Sistemas confinados vs. pastoriles: Ventajas y desventajas*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/180-vs..pdf
- 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 (Montevideo)*, 48(Supl. 1), 35-39.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11770/1/AUPA-2012-35-39-Cajarville.pdf>

- Cangiano, C. A., & Antonacci, L. (s.f.). *Estrategias De Alimentación: Vacas lecheras ¿Alimentar en pastoreo o en confinamiento?* Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/252-Cangiano_Vacas_lecheras.pdf
- Chapman, D. (2016). Using Ecophysiology to Improve Farm Efficiency: Application in Temperate Dairy Grazing Systems. *Agriculture*, 6(2), Artículo e17. <https://doi.org/10.3390/agriculture6020017>
- Chilibroste, P. (2012). Estrategias de alimentación en sistemas de producción de leche de base pastoril. *Cangüé*, (32), 2-8.
- Chilibroste, P., & Bettegazzore, G. (2019). *Proyecto Producción Competitiva 2013 – 2018: Dinámica bio-económica de los sistemas de producción de leche*. Conaprole.
- Chilibroste, P., Mattiauda, A., & Adrien, L. (2020). *¿Cuánto paga y cuánto cuesta el control del ambiente productivo?: Resultados de partos de primavera 2019*. EEMAC; RTS. https://www.inale.org/wp-content/uploads/2020/11/Material-escrito-Jornada-RTS-EEMAC-19.11.20_compressed-2.pdf
- Comerón, E. A., Baudracco, J., López Villalobos, N., Colmes, C. W., & Romero, L. A. (s.f.). *Producción de leche en sistemas pastoriles*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/141-pastoriles.pdf
- Cuatrín, A. (s.f.). *Curva de Producción y Composición de Leche Bovina*. Sitio argentino de producción animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/139-curva_produccion.pdf
- Donaghy, D., & Fulkerson, B. (1999). *Principles for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures*. Tasmanian Institute of Agricultural Research. https://www.researchgate.net/publication/268270994_Principles_for_developing_an_effective_grazing_management_system_for_ryegrass-based_pastures
- Durán, H. (Ed). (1996). Sistema 1: Alta producción de leche por hectárea: I. Resultados productivos de los ejercicios 1992-93-94. En *Jornada de Producción Animal, La Estanzuela, Colonia, Uruguay: Lechería y pasturas* (pp. 1-15). INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8506/1/Duran-H.-1996.-SAD-100-p.1-15.pdf>
- Fajardo, M., Mattiauda, D. A., Motta, G., Genro, T. C., Meikle, A., Carriquiry, M., & Chilibroste, P. (2015). Use of mixed rations with different access time to pastureland on productive responses of early lactation Holstein cows. *Livestock Science*, 181, 51-57. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.09.023>

- Fariña, S. R., & Chilibroste, P. (2019a). 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., & Chilibroste, P. (2019b). Oportunidades y desafíos para el crecimiento de la producción de leche a pasto en Uruguay. *Revista INIA*, (57), 28-32. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/12927/1/Revista-INIA-57-Junio-2019.pdf>
- 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., Tuñón, G., Pla, M., & Martínez, R. (2017). *Sistemas de pastoreo La Estanzuela: Guía práctica para la implementación de un sistema de pastoreo*. INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7228/1/bd-115-2017.pdf>
- Ferguson, J., Galligan, D., & Thomsen, N. (1994). Principal Descriptors of Body Condition Score in Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, 77(9), 2695-2703. [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(94\)77212-X/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(94)77212-X/pdf)
- Giuduce, G., Artagavetya, J., Baraibar, M., Rostán, F., & Pedemonte, A. (2021). *Escenarios para la lechería uruguaya 2021/2022: Mercados, producción, precios y costos*. INALE. https://www.inale.org/wp-content/uploads/2021/11/Escenarios-para-la-lecheria-uruguay-2021-2022_editado-para-web_comp.pdf
- Google. (2024). [Facultad de Agronomía, Centro Regional Sur, Uruguay. Mapa]. Recuperado el 20 de julio de 2024, de <https://maps.app.goo.gl/5gb1F1SXHv4F4iek7>
- Hanrahan, L., McHugh, N., Hennessy, T., Moran, B., Kearney, R., Wallace, M., & Shalloo, L. (2018). Factors associated with profitability in pasture-based systems of milk production. *Journal of Dairy Science*, 101(6), 5474-5485. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13223>
- Hennessy, D., Delaby, L., Van del Pol, A., & Shalloo, L. (2015). Possibilities and constraints for grazing in high output dairy systems. En A. Van den Pol, H. F. M. Aarts, A. De Vliegher, A. Elgersma, D. Reheul, J. A. Reinjeveld, K. Verloop & A. Hopkins (Eds.), *Grassland and forages in high output dairy farming systems* (pp. 151-162). Grassland Science in Europe. https://www.europeangrassland.org/fileadmin/documents/Infos/Printed_Matter/Proceedings/EGF2015.pdf
- Hodgson, J. (1979). Nomenclature and definitions in grazing studies. *Grass and Forage Science*, 34(1), 11-17. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2494.1979.tb01442.x>

- 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). New Zealand Society of Animal Production.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (s.f.). *Banco datos agroclimático*. <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>
- Kolver, E. S. (2003). Nutritional limitations to increased production on pasture-based systems. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 62(2), 291-300. <https://doi.org/10.1079/pns2002200>
- López, F. J. (2006). Relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas Holstein. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 4(1), 77-86. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/640>
- Macdonald, K. A., Penno, J. W., Lancaster, J. A. S., Bryant, A. M., Kidd, J. M., & Roche, J. R. (2017). Production and economic responses to intensification of pasture-based dairy production systems. *Journal of Dairy Science*, 100(8), 6602-6619. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12497>
- 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 E. Giannechini, J. Moraes, R. Rivero, & C. Matto (Eds.), *XXXVII Jornadas Uruguayas de Buiatría* (pp. 96-103). Centro médico veterinario de Paysandú.
- McMeekan, C. P., & Walshe, M. J. (1963). The inter-relationships of grazing method and stocking rate in the efficiency of pasture utilization by dairy cattle. *The Journal of Agricultural Science*, 61(2), 147-166. <https://doi.org/10.1017/S0021859600005888>
- Méndez, M. N., Grille, L., Mendina, G. R., Robinson, P. H., Adrien, M. D. 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>
- National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle* (7th ed.) National Academy Press.
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2011). *Anuario estadístico agropecuario 2011*. MGAP. <http://www.mgap.gub.uy/dieaanterior/anuario2011/diea-anuario-2011-web.pdf>

- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2021). *Anuario estadístico agropecuario 2021*. MGAP. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/anuario-estadistico-agropecuario-2021>
- Oleggini, G., Gallego, F. (Eds.), & Lecuna, C. (Col.). (2017). *El pasto en el tambo*. Conaprole. <http://www.eleche.com.uy/files/el-pasto-en-el-tambo?es>
- 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., & Lattanzi, F. A. (2023). Monitoring herbage mass and pasture growth rate of large grazing 63 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]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/33118>
- 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. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10305>
- Pravia, M. I., Montossi, F., Gutiérrez, D., Ayala, W., Andregnette, B., Invernizzi, G., & Porcile, V. (2013). Estimación de la disponibilidad de pasturas y forrajes en predios de GRIPROCAR 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. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7664/1/St-211-2013-p.31-67.pdf>
- Stirling, S., Fariña, S., Pacheco, D. & Vibart, R. (2021). Whole-farm modelling of grazing dairy systems in Uruguay. *Agricultural Systems*, 193, Artículo e103227. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103227>
- Waller, A. (2020). *Análisis de metodología para el monitoreo de pasturas en predios comerciales* [Tesis de maestría, Universidad de la República]. Colibri. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/32561>

7. ANEXOS**Anexo A***ANAVA del modelo de TC*

| | p-valor |
|--------------------|----------------|
| Modelo | 0,0105 |
| Mes | 0,0026 |
| Tratamiento | 0,1513 |
| Mes*trat | 0,4386 |

Anexo B*ANAVA del modelo de cosecha directa/haSEP/mes*

| | p-valor |
|--------------------|----------------|
| Modelo | <0,0001 |
| Mes | <0,0001 |
| Tratamiento | <0,0001 |
| Mes*trat | <0,0001 |

Anexo C*ANAVA del modelo de asignación/VO/d*

| | p-valor |
|--------------------|----------------|
| Modelo | <0,0001 |
| Mes | 0,01 |
| Tratamiento | <0,0001 |
| Mes*trat | 0,3299 |

Anexo D*ANAVA del modelo de cosecha directa/VO/d*

| | p-v |
|--------------------|------------|
| Modelo | <0,0001 |
| Mes | <0,0001 |
| Tratamiento | <0,0001 |
| Mes*trat | 0,0015 |

Anexo E*ANAVA del modelo de stock/haPP/mes*

| | p-v |
|--------------------|------------|
| Modelo | <0,0001 |
| Mes | <0,0001 |
| Tratamiento | 0,8521 |
| Mes*trat | 0,6695 |

Anexo F*ANAVA del modelo de prepastoreo kgMS/haSEP/d*

| | p-v |
|--------------------|------------|
| Modelo | <0,0001 |
| Mes | <0,0001 |
| Tratamiento | 0,6489 |
| Mes*trat | 0,4011 |

Anexo G*ANAVA del modelo de remanente kgMS/haSEP/d*

| | p-v |
|--------------------|------------|
| Modelo | 0,0002 |
| Mes | 0,0001 |
| Tratamiento | 0,3639 |
| Mes*trat | 0,6384 |

Anexo H*ANAVA del modelo consumo individual (kgMS/VO/d)*

| | p-v |
|--------------------|------------|
| Modelo | <0,0001 |
| Mes | <0,0001 |
| Tratamiento | 0,8252 |
| Mes*trat | <0,0001 |

Anexo I*ANAVA del modelo de consumo de reservas kgMS/VO/d*

| | p-v |
|--------------------|------------|
| Modelo | <0,0001 |
| Mes | <0,0001 |
| Tratamiento | <0,0002 |
| Mes*trat | <0,0001 |

Anexo J*ANAVA del modelo de consumo de concentrado kgMS/VO/d*

| F.V. | p-v |
|--------------------|------------|
| Modelo | <0.0001 |
| Tratamiento | 0.3939 |
| Mes | <0.0001 |
| Mes*trat | 0.1088 |

Anexo K*Composición química de los alimentos*

| | MS | CEN | PB | FDN | FAD | ENL |
|------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| | | | % | | | Mcal/kg |
| Agosto | 23,89 | 9,2 | 23,2 | 47,1 | 20,1 | 1,7 |
| BC | 22,37 | 10,3 | 27,1 | 46,2 | 20 | 1,7 |
| <i>Dactylis 4° año</i> | 24,92 | 10 | 26,6 | 48,9 | 19,5 | 1,8 |
| <i>Festuca/TB/TR 2°</i> | 19,82 | 10,5 | 27,5 | 43,5 | 20,5 | 1,7 |
| AP | 24,91 | 8,4 | 20,7 | 47,6 | 20,1 | 1,7 |
| <i>Ensilaje de maíz</i> | 29,68 | 5,5 | 11,1 | 38,8 | 19,2 | 1,7 |
| <i>Dactylis 4° año</i> | 24,88 | 9,6 | 25,1 | 56,3 | 19,6 | 1,7 |
| <i>Festuca/TB/TR 2°</i> | 20,17 | 10,3 | 25,9 | 47,8 | 21,5 | 1,7 |
| Setiembre | 20,02 | 9,9 | 18,4 | 52,6 | 24,5 | 1,6 |
| BC | 20,34 | 9,3 | 17,3 | 51,4 | 25,1 | 1,6 |
| <i>Festuca/TB/TR 2°</i> | 20,51 | 9,4 | 19,6 | 58,4 | 27,9 | 1,5 |
| <i>Festuca/TB/Alfalfa 1°</i> | 20,17 | 9,3 | 15,1 | 44,4 | 22,4 | 1,7 |
| AP | 19,71 | 10,4 | 19,5 | 53,9 | 23,8 | 1,6 |
| <i>Festuca/TB/TR 2°</i> | 21,01 | 9,9 | 18,5 | 54,6 | 25,2 | 1,6 |
| <i>Raigrás Magno</i> | 18,4 | 11 | 20,5 | 53,1 | 22,5 | 1,7 |
| Noviembre | 37,1 | 8,3 | 16,2 | 56,3 | 31,5 | 1,5 |
| BC | 35,1 | 8,4 | 18,5 | 51,8 | 29,5 | 1,5 |
| <i>Dactylis 3°</i> | 38,57 | 8,3 | 19,3 | 61,8 | 32,3 | 1,5 |
| <i>Henolaje</i> | 40,93 | 8,2 | 14,3 | 65,1 | 39,1 | 1,4 |
| <i>Festuca/TB/Alfalfa 1°</i> | 30,85 | 8,5 | 19,4 | 40,6 | 24,6 | 1,6 |
| AP | 39,49 | 8,2 | 13,4 | 61,8 | 33,9 | 1,4 |
| <i>Fardo</i> | 90,13 | 7,2 | 6,7 | 61,2 | 35,3 | 1,2 |
| <i>Ensilaje de sorgo</i> | 27,79 | 8,2 | 7,3 | 72 | 42,8 | 1,4 |
| <i>Raigrás Magno</i> | 26,51 | 8,5 | 17,7 | 58,6 | 30,4 | 1,5 |

Anexo L*ANAVA del modelo de peso vivo*

| | p-v |
|--------------------|------------|
| Modelo | <0,0001 |
| Mes | <0,0001 |
| Tratamiento | 0,0092 |
| Mes*trat | 0,2752 |

Anexo M*ANAVA del modelo de peso vivo por hectárea*

| | p-v |
|--------------------|------------|
| Modelo | <0,0001 |
| Mes | <0,0001 |
| Tratamiento | <0,0001 |
| Mes*trat | 0,0345 |

Anexo N*ANAVA del modelo de condición corporal*

| | p-v |
|--------------------|------------|
| Modelo | 0,0017 |
| Mes | 0,0025 |
| Tratamiento | 0,008 |
| Mes*trat | 0,5913 |

Anexo O*ANAVA del modelo de producción de leche (kg/VO/d)*

| | p-v |
|--------------------|------------|
| Modelo | <0,0001 |
| Mes | <0,0001 |
| Tratamiento | <0,0001 |
| Mes*trat | 0,0132 |

Anexo P*ANAVA del modelo de producción de grasa (kg/VO/d)*

| | p-v |
|--------------------|------------|
| Modelo | <0,0001 |
| Mes | <0,0001 |
| Tratamiento | 0,0146 |
| Mes*trat | 0,0011 |

Anexo Q*ANAVA del modelo de producción de proteína (kg/VO/d)*

| | p-v |
|--------------------|------------|
| Modelo | <0,0001 |
| Mes | <0,0001 |
| Tratamiento | <0,0001 |
| Mes*trat | <0,0001 |

Anexo R*ANAVA del modelo de producción de sólidos totales (kg/VO/d)*

| | p-v |
|--------------------|------------|
| Modelo | <0,0001 |
| Mes | <0,0001 |
| Tratamiento | <0,0001 |
| Mes*trat | <0,0001 |

Anexo S*ANAVA del modelo de proteína (%VO/d)*

| | p-v |
|--------------------|------------|
| Modelo | <0,0001 |
| Mes | 0,0012 |
| Tratamiento | <0,0001 |
| Mes*trat | 0,0011 |

Anexo T*ANAVA del modelo de grasa (%VO/d)*

| | p-v |
|--------------------|------------|
| Modelo | <0,0001 |
| Mes | <0,0001 |
| Tratamiento | 0,3228 |
| Mes*trat | 0,0623 |

Anexo U*ANAVA del modelo de producción de leche (kg/haPP/mes)*

| | p-v |
|--------------------|------------|
| Modelo | <0,0001 |
| Mes | <0,0001 |
| Tratamiento | <0,0001 |
| Mes*trat | 0,0006 |

Anexo V*ANAVA del modelo de producción de sólidos (kg/haPP/mes)*

| | p-v |
|--------------------|------------|
| Modelo | <0,0001 |
| Mes | <0,0001 |
| Tratamiento | <0,0001 |
| Mes*trat | 0,0029 |