

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN EN SISTEMAS
PASTORILES DE PRODUCCIÓN DE LECHE DE ALTA
PRODUCTIVIDAD Y BAJO COSTO OPERATIVO DURANTE LA
ESTACIÓN DE OTOÑO**

por

**Agustín MARTÍNEZ QUESADA
Maicol LAVEGA DE LEON
Mariana VIERA BARREIRA**

**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

Tribunal:

Ing. Agr. MSc. Gastón Ortega

Ing. Agr. Juan Manuel Garrido

Ing. Agr. PhD. Cecilia Loza

Fecha:

3 de junio de 2024

Estudiantes:

Agustín Martínez Quesada

Maicol Lavega De León

Mariana Viera Barreira

AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos expresar nuestro agradecimiento a nuestros familiares y amigos, que nos han apoyado y acompañado durante toda la carrera, y a todo aquel que fue parte de este proceso, ya que sin ellos no hubiera sido posible.

Agradecer a Gastón Ortega por brindarnos la oportunidad de realizar nuestro trabajo final de grado y permitir que éste salga adelante, por sus enseñanzas aportadas, por su paciencia y orientación durante este proceso. También al equipo técnico y a los funcionarios del CRS que estuvieron presentes durante el trabajo de campo.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS	3
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS.....	6
RESUMEN	8
SUMMARY	9
1. INTRODUCCIÓN	10
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA LECHERO EN URUGUAY	12
2.2. PRODUCCIÓN DE FORRAJE.....	15
2.3. MANEJO DEL PASTOREO	17
2.3.1 Manejo del pastoreo “Las 3R”	19
2.4. SUPLEMENTACIÓN.....	20
2.4.1. Concentrados	21
2.4.2. Reservas forrajeras	22
2.4.3. Consumo de alimentos y carga animal	24
2.5. PERFORMANCE ANIMAL	24
2.5.1 Condición corporal.....	25
2.6. EFECTO DE LA CARGA.....	26
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVO	30
4. MATERIALES Y MÉTODOS	31
4.1. UBICACIÓN Y PERIODO A EVALUAR.	31
4.2. SUELO	31
4.3. CONDICIONES CLIMÁTICAS	31
4.4. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO.....	32
4.5. MEDICIONES REALIZADAS.....	33
4.5.1. Determinaciones de las pasturas y verdeos que comprenden la plataforma de pastoreo	33
4.5.2. Determinación de la biomasa de forraje y stock en la plataforma de pastoreo.....	34
4.5.3. Determinaciones de las franjas en pastoreo	34
4.6. ROTACIÓN FORRAJERA	35
4.7. MANEJO DEL RODEO EXPERIMENTAL.....	36
4.7.1. Composición de la dieta.	36
4.7.2. Elección del potrero a pastorear.....	36

4.7.3. Tamaño de las franjas y permanencia de los animales en pastoreo	37
4.7.4. Rutina de los animales	37
4.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	38
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
5.1. PASTURAS.....	39
5.2. PASTOREO Y SUPLEMENTACIÓN	42
5.3. CONSUMO DE ALIMENTOS	44
5.4 PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE	48
5.4.1. Producción y composición de leche por superficie de plataforma de pastoreo	48
5.4.2. Producción y composición de leche por vaca ordeño.....	49
5.4.3 Consumo de alimentos y producción individual de leche.....	51
5.5. ESTADO CORPORAL Y PESO VIVO	52
5.6. EFICIENCIA DE CONVERSIÓN.....	55
6. CONCLUSIONES	57
7. BIBLIOGRAFÍA	58
8. ANEXO	64

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1	Producción y composición de la leche de Conaprole, DIEA e INALE..	13
Tabla 2	Establecimientos con lechería comercial según estratos de superficie ..	13
Tabla 3	Principales productos lácteos de exportación en Uruguay	14
Tabla 4	Esquema de rotaciones típicas del Uruguay	16
Tabla 5	Producción de leche en respuesta al uso de concentrado y comportamiento animal.....	22
Tabla 6	Indicadores físicos, productivos y de alimentación.....	23
Tabla 7	Estado corporal objetivo y rango aceptable en diferentes momentos fisiológicos	26
Tabla 8	Evolución de la carga animal en plataforma de pastoreo según Conaprole periodo 2013-2018.....	28
Tabla 9	Información biofísica de sistemas típicos de Estados Unidos, Nueva Zelanda, Argentina y Uruguay	29
Tabla 10	Producción de forraje, stock y tasa de crecimiento para el período marzo-junio 2023	39
Tabla 11	Producción y cosecha de forraje en la plataforma de pastoreo según tratamiento (kg MS/ha PP).....	41
Tabla 12	Consumo de alimentos kg MS/ha para el período marzo-junio 2023 ..	44
Tabla 13	Consumo de alimentos por vaca (kg MS/VO/día) según tratamiento ..	46
Tabla 14	Producción y composición de leche en plataforma de pastoreo para el período marzo-junio 2023	48
Tabla 15	Producción y composición de leche por vaca ordeño para el período marzo-junio 2023	49
Tabla 16	Estado corporal y peso vivo expresado por vaca y por hectárea para el período marzo-junio 2023	52
Tabla 17	Eficiencia de conversión de los alimentos en el período marzo-junio 2023.....	55
Tabla 18	Comparación de eficiencia de alimentación entre tratamientos y grupos de productividad	56

Figura 1 Consumo de alimentos y carga animal según estrategia de alimentación e intensificación.....	24
Figura 2 Condiciones climáticas durante el ejercicio 2022-2023.....	31
Figura 3 Croquis de la plataforma de pastoreo según tratamiento	33
Figura 4 Rutina de los animales	37
Figura 5 Stock y tasa de crecimiento según tratamiento.....	40
Figura 6 Producción y cosecha de forraje según tratamiento sobre la plataforma de pastoreo.....	41
Figura 7 Tiempos de encierro y pastoreo desglosado por turnos para el tratamiento BC.....	42
Figura 8 Tiempos de encierro y pastoreo desglosado por turnos para el tratamiento AP	43
Figura 9 Consumo de alimentos para el periodo marzo-junio 2023.....	45
Figura 10 Evolución del consumo de alimento por vaca (kg MS/VO/día) en el tratamiento BC.....	47
Figura 11 Evolución del consumo de alimento por vaca (kg MS/VO/día) en el tratamiento AP	47
Figura 12 Evolución de la producción de leche individual en litros Leche/VO .	50
Figura 13 Evolución del consumo y producción de leche por vaca en ordeño en el tratamiento BC.....	51
Figura 14 Evolución del consumo y producción de leche por vaca en ordeño en el tratamiento AP	51
Figura 15 Evolución del peso vivo en kg, durante el periodo en estudio, según tratamiento.....	53
Figura 16 Evolución de la condición corporal, durante el periodo en estudio, según tratamiento.....	54

RESUMEN

El trabajo fue realizado en el departamento de Canelones, en la localidad de Progreso, por camino Folle, Km 35.500, en el Centro Regional Sur (CRS), perteneciente a Facultad de Agronomía. El periodo de evaluación abarcó del 20 de marzo al 20 de junio del año 2023. El objetivo del trabajo fue comparar y evaluar el efecto de la utilización de cargas animales contrastantes en un sistema lechero con diferentes estrategias de alimentación. Para el análisis se contempló la producción y cosecha de forraje en el área de plataforma, el pastoreo directo, consumo de reservas forrajeras y necesidades de suplementación según el nivel de carga, performance animal en cuanto a la producción de leche, sólidos, peso vivo y condición corporal, tanto individual como por hectárea. Se evaluaron dos sistemas que difieren en la estrategia de alimentación y carga animal, uno denominado de Alta Productividad (AP) y otro de Bajo Costo (BC). Para eso se utilizaron dos lotes de animales, uno por cada tratamiento. La alimentación en términos generales estaba conformada por ensilaje de maíz, concentrado de maíz y canola, y forraje para el lote AP, y en el caso del lote BC, el ensilaje de maíz se sustituye por fardos de raigrás. La base forrajera pertenecía a una rotación de 6 años, con una pradera de corta duración (2 años) y otra fase de pasturas perennes de 4 años de duración. Respecto al pastoreo, para la estimación de forraje se procedió a recorrer los potreros asignados al experimento una vez a la semana y respetando siempre el mismo día midiendo disponibilidad de pasto a través del pasturómetro C-Dax. Se realizó una transecta en diagonal por cada potrero con el C-Dax acoplado a un tractor, registrando la altura promedio que aportó el instrumento. De esta manera, se determinó el stock de forraje, y la tasa de crecimiento para todos los potreros, seleccionando para pastorear aquellos que tengan mayor biomasa disponible. Los días de ocupación de las franjas dependió del sistema, ya que, para el caso de AP, las franjas eran de ocupación diaria, y para BC se armaban franjas con al menos 3 días de ocupación aproximadamente. Además de la recorrida semanal se medía pre y post pastoreo también con C-Dax, para estimar el consumo de forraje individual por desaparecido. Los animales se ordeñaban dos veces al día (6:00 am y 15:00 pm). El consumo de forraje dependía de la tasa de crecimiento del área de pastoreo. El lote AP tuvo 41 días de encierro y el BC 40 días, dichos encierros contaban con sombra artificial y agua. Los sistemas no mostraron diferencias significativas en cuanto a producción de forraje, eficiencia de cosecha, consumo individual de reservas, concentrados y forraje, peso vivo, estado corporal, producción individual y producción de sólidos. En cuanto a la producción de leche y consumo de alimentos por hectárea, si se mostró una respuesta significativa al efecto de la carga.

Palabras Clave: estrategia de alimentación, carga animal, C-Dax, stock de forraje, tasa de crecimiento

SUMMARY

The work was carried out in the department of Canelones, in the town of Progreso, on Folle road, Km 35,500, in the Southern Regional Center (CRS), belonging to the Faculty of Agronomy. The evaluation period covered from March 20 to June 20, 2023. The objective of the work was to compare and evaluate the effect of using contrasting animal loads in a dairy system with different feeding strategies. For the analysis, the production and harvest of forage in the platform area, direct grazing, consumption of forage reserves and supplementation needs according to the load level, animal performance in terms of milk production, solids, live weight and body condition, both individually and per hectare. Two systems that differ in the feeding and animal loading strategy were evaluated, one called High Productivity (AP) and the other Low Cost (BC). For this, two batches of animals were used, one for each treatment. The feed in general terms consisted of corn silage, corn and canola concentrate, and forage for the AP batch, and in the case of the BC batch, the corn silage was replaced by bales of ryegrass. The forage base belonged to a 6-year rotation, with a short-term meadow (2 years) and another phase of perennial pastures lasting 4 years. Regarding grazing, to estimate forage, the paddocks assigned to the experiment were visited once a week and always respecting the same day, measuring grass availability through the C-Dax pasturometer. A diagonal transect was carried out through each paddock with the C-Dax coupled to a tractor, recording the average height provided by the instrument. In this way, the forage stock and the growth rate were determined for all the paddocks, selecting those with the greatest available biomass for grazing. The days of occupancy of the strips depended on the system, since, in the case of AP, the strips were of daily occupancy, and for BC strips were created with at least approximately 3 days of occupancy. In addition to the weekly round, pre and post grazing was also measured with C-Dax, to estimate individual forage consumption per animal. The animals were milked twice a day (6:00 am and 3:00 pm). Forage consumption depended on the growth rate of the grazing area. The AP lot had 41 days of confinement and the BC 40 days, these enclosures had artificial shade and water. The systems did not show significant differences in terms of forage production, harvest efficiency, individual consumption of reserves, concentrates and forage, live weight, body condition, individual production and solids production. Regarding milk production and food consumption per hectare, a significant response to the load effect was shown.

Keywords: feeding strategy, stocking rate, C-Dax, forage stock, growth rate

1. INTRODUCCIÓN

Uruguay se caracteriza por ser un país agroexportador, según Uruguay XXI (2022), el sector lechero se encuentra en el cuarto lugar dentro de las producciones de origen agropecuario en términos de volumen y precio, aportando 889 millones de dólares al PBI nacional.

En la actualidad, el número de productores remitentes a plantas industriales es de 2146, continuando la tendencia a la baja de los últimos años. Sin embargo, la productividad ha aumentado, esto se debe a una mayor intensificación asociada a un enfoque de manejo que llevó a aumentar la carga animal, la obtención de más litros por ha, conjuntamente con incrementos en la producción individual (Oficina de Estadísticas Agropecuarias [DIEA], 2022).

En los sistemas lecheros uruguayos predominan los de tipo pastoril. El forraje que se produce en el predio es el componente principal de la dieta de los animales, esto permite obtener un producto con menores costos unitarios, favoreciendo la competitividad del rubro. La utilización de pasturas aumenta la sostenibilidad del rubro, ayudando al reciclaje de nutrientes y a la fijación de carbono, proporcionando beneficios al suelo, como también proveer un medio de vida a la familia gestora del sistema y conserven o mejoren los recursos naturales para las generaciones presentes y futuras (Motta-Delgado et al., 2019). Recientemente la Cooperativa Nacional de Productores de Leche (Conaprole), principal cooperativa a la cual se remite la leche, logró la certificación Grass Fed debido a que gran parte de la producción se realiza en base a pasto (“Conaprole fue reconocida”, 2021), lo cual posiciona al país a nivel internacional en términos de calidad del producto comercializado.

En los sistemas pastoriles la carga animal es una variable importante por los efectos que genera en la producción y los costos. Una estrategia efectiva para lograr mejor productividad de los sistemas es aumentar la carga animal, con alta proporción de forraje en la dieta, siendo este el alimento que presenta menor costo unitario, permitiendo estabilidad y control de los costos de producción, aspecto clave para la competitividad.

Los sistemas lecheros uruguayos tienen como desafío incrementar la productividad por hectárea, manteniendo la competitividad y la sostenibilidad de los recursos naturales, garantizando el bienestar animal y humano (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria [INIA], 2017).

El objetivo de este trabajo es evaluar y comparar dos sistemas de alimentación con diferentes niveles de carga, 1,8 VO/ha PP (bajo costo) y 3,0 VO/ha PP (alta productividad), con el fin de estudiar su impacto en la producción

de leche, sólidos totales, producción, cosecha de forraje y la estructura de alimentación para la estación de otoño.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA LECHERO EN URUGUAY

El sector lechero del país ocupa actualmente un 5% de la superficie total, en la cual del total de leche que se produce un 70% se vierte al mercado externo y un menor porcentaje queda para consumo interno (Instituto Nacional de la Leche [INALE], s.f.).

Los productores lecheros del Uruguay se encuentran concentrados en San José, Florida y Colonia, aunque hay participación del rubro en otros departamentos del país.

El número de tambos (incluyendo queserías artesanales), el cual se encuentra en descenso por un largo periodo de tiempo, correspondía a 3900 en el periodo 2014/15, disminuyendo a 3100 en el año 2021/22. La producción de leche comercial mostró un aumento de 2182 millones de litros/año en 2014/15 a 2201 millones de litros/año en 2021/22 (DIEA, 2023). En promedio, los sistemas lecheros presentan una productividad media por hectárea de 8831 litros/ha, y 624 kg/ha de sólidos totales (grasa + proteína), con una carga animal promedio de 1,15 VO/ha (Stirling, 2021). Esto se explica por una intensificación en la producción, que llevó al aumento del número de VM/ha, como también las producciones individuales, la utilización de pasturas mejoradas, suplementos y por la mejora genética. En base a lo que analizaron Fariña y Chilbroste (2019), durante 30 años la producción de leche presentó una tasa de crecimiento promedio anual de 3.2%.

En la tabla No. 1, se observan datos de producción y composición de leche individual de Producción Competitiva de Conaprole, promedio para el ejercicio 2021-2022 (M. Correa, comunicación personal, 2023), DIEA (2023) y Pedemonte et al. (2022).

Tabla 1*Producción y composición de la leche de Conaprole, DIEA e INALE*

	Con aprole	DIE A	INA LE
Carga animal (VM/ha VM)	1,09	0,89	1,07
Producción de leche (Lts/VO/día)	19,9	20,2 4	16,7
Productividad (Lts/ha VM)	6703	6307	5054
Sólidos totales (kg/ha VM)	491	459	364

Nota. Elaborado con base en datos obtenidos de Producción Competitiva 21/2022 (M. Correa, comunicación personal, 2023), DIEA (2023) y Pedemonte et al. (2022).

Para clasificar los establecimientos lecheros, encontramos diferentes estratos como se muestra en la tabla No. 2, en los cuales se puede observar una concentración del número de establecimientos en el estrato al que pertenecen aquellos que poseen entre 50 - 199 ha, con predominio de productores familiares. En términos generales se ve un descenso, aunque de diferente magnitud, para cada categoría.

Tabla 2*Establecimientos con lechería comercial según estratos de superficie*

Predios lecheros	Periodo 2014/15	Periodo 2021/22
Menos de 50 ha	1162	754
50 - 199 ha	1835	1486
200 - 499 ha	601	571
Más de 500 ha	321	283

Nota. Elaborado con base en DIEA (2023).

Según la encuesta lechera de INALE (2019), en la cual se realizaron 358 encuestas que representan el 89% de los establecimientos del país, la producción promedio anual de leche/establecimiento fue de 736.638 litros, y la superficie promedio total explotada es de 238 ha. El número promedio de vacas en ordeño por establecimiento es de 103.

El stock de ganado lechero presenta una tendencia a la baja, en la actualidad las existencias totales se encuentran en 682.000 animales un 12.8% menos que el periodo 2014/15, de las cuales 388.740 son vacas masa (DIEA, 2023). Los principales motivos son la reconversión de sistemas lecheros en otros rubros, la exportación de vaquillonas y un mayor envío de vacas lecheras a faena. Según Barboza (2022), el número de vaquillonas lecheras exportadas fue de 35.550 durante el 2022, mientras que el promedio del periodo 2017/21 fue 22.287. Comparando los mismos períodos el aumento de faena fue de un 6,7% (DIEA, 2022).

Uruguay produce leche en una cantidad suficiente que permitiría abastecer a 20 millones de personas. Considerando que la población en el país es de 3 millones, lleva a que ese excedente sea exportado, cubriendo la demanda en diferentes destinos. Esto lo ubica en el noveno lugar como exportador de leche a nivel mundial (INALE, s.f.).

En relación a los principales productos exportados por Uruguay, Barboza (2022) informa que la leche en polvo entera es la que tiene mayor participación en el monto exportado, siendo el principal destino Argelia (30%), seguido por Brasil (28%) y China (18%). Para el caso de los quesos, su participación es menor alcanzando un 12%, el destino principal fue regional llegando a Brasil (22%), México (19%) y Argentina (18%). La leche en polvo descremada, participa en un 11% del monto de exportación, y sus principales destinos se asemejan a los de la LPE. Por último, la Manteca, participa en un 10% llegando a Egipto (17%) y Bahrein (11%).

En la tabla No. 3, se presentan los principales productos lácteos exportados en Uruguay, con su participación en valor y su precio promedio en dólares por tonelada.

Tabla 3
Principales productos lácteos de exportación en Uruguay

Producto	Participación en valor	Precio promedio (USD/ton)
LPE	60%	4051
Quesos	12%	4709
LPD	11%	3796
Manteca	10%	5426

Nota. Adaptado de DIEA (2022).

La demanda de lácteos aumentará, debido principalmente al crecimiento proyectado en la población mundial en los próximos 50 años. Esto conlleva a la

búsqueda de estrategias para cubrir dicha demanda, aplicando conocimientos e implementando nuevas tecnologías, para llegar a establecimientos más productivos y sostenibles. Todo esto brinda una oportunidad para los países exportadores de lácteos con suficientes recursos naturales para beneficiarse de esta demanda mundial creciente (Britt et al., 2018).

El sector lechero uruguayo se define como complejo agroindustrial, teniendo en cuenta la fuerte interacción entre la industria y la fase primaria de producción. Más del 90 % de la leche producida es procesada por la industria (INALE, s.f.).

En un estudio realizado por Fariña y Chilibroste (2019), en el cual se comparó el sistema de producción de leche en Uruguay con sistemas productivos típicos de países competidores, en términos de productividad por hectárea, Uruguay presenta menores valores que sus competidores, siendo el consumo de forraje el factor con mayor incidencia. La carga animal presenta valores inferiores a los demás países, sin embargo, hay potencial para aumentarla con una correcta planificación del proceso, llegando así a obtener mayor productividad por hectárea.

2.2. PRODUCCIÓN DE FORRAJE

Las condiciones climáticas del país y su variabilidad afectan fuertemente los sistemas lecheros y pastoriles, por presentar periodos con exceso hídrico en otoño-invierno y déficit hídrico durante el verano. Dichas condiciones climáticas determinan el tipo de rotación forrajera y por ende la composición de la dieta animal.

La rotación forrajera es una sucesión planificada de cultivos (anuales y plurianuales) con destino exclusivo a la producción de forraje para pastoreo directo y/o conservación. La base forrajera de los sistemas lecheros en Uruguay es notoriamente compleja, porque se debe combinar especies puras y/o mezclas de diferente duración potencial con cultivos anuales de invierno y verano, en una sucesión en el tiempo y espacio. Esta tolera múltiples combinaciones, dando lugar a diferentes niveles productivos y determinada distribución estacional del forraje (Durán, 1992).

En la tabla No. 4 se muestran tres rotaciones típicas realizadas en Uruguay y sus correspondientes producciones promedio estimadas mediante el uso de imágenes satelitales. Los datos son extraídos por Conaprole, a través del monitoreo de 400 potreros pertenecientes a 60 establecimientos lecheros, donde se mide el crecimiento forrajero de 13 tipos de pasturas, entre ellas praderas en base a festuca, en base a alfalfa, verdes anuales, etc.

Tabla 4
Esquema de rotaciones típicas del Uruguay

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	kg MS/ha/año	kg MS/ha otoño
Rotación 1	Av/Sg	P1	P2	P3		11.358	1677
Rotación 2	Rg/Sf	P81	P2	P3	P4	9.349	1684
Rotación 3	Av/Mz	Rg/Sf	P1	P2		13.263	1576

Nota. Av: Avena; Sg: Sorgo granífero; Rg: Raigrás; Sf: Sorgo forrajero; Mz: Maíz; P: Pradera. Elaborada a partir de Oleggini et al. (2017).

Según Leborgne (2014), para la estación de otoño se podría obtener una producción de forraje de 1700 kg MS/ha, considerando una rotación con presencia de praderas perennes.

Un efecto de importancia en la producción animal es la variación de área no pastoreable como proporción del área total para cada estación. Esta se define como la superficie del sistema de producción que se encuentra en barbecho, por haber laboreado la tierra recientemente, haberla sembrado o que esté en una fase temprana el cultivo forrajero, lo que determina que la pastura no esté disponible para ser pastoreada. Todo esto lleva a una disminución del área productiva en determinados momentos del año (Durán, 1992).

La plataforma de pastoreo de las vacas en ordeño incluye aquellos potreros que a lo largo del año contienen cultivos (anuales o perennes) para el pastoreo de las VO. En algunos momentos del año, no todos los potreros están aptos para pastoreo, dependiendo del ciclo de producción de los verdeos y praderas. Durante el otoño luego de una fase de pradera, se puede instalar un verdeo de invierno, y luego de un verdeo de verano, la instalación de una pradera perenne. Esto implica que los potreros involucrados en esas transiciones no podrán ser pastoreados por estar en fase de barbecho o instalación del nuevo cultivo. El conjunto de recursos aptos para pastoreo en un momento dado se denomina Superficie Efectiva de Pastoreo (Custodio, 2022).

El otoño es una de las épocas del año en que podemos encontrar mayores problemas en la producción de leche dada la reducción del área de pastoreo efectivo. Esta reducción en el área de pastoreo depende de la rotación, la persistencia de las pasturas, fecha de siembra y los verdeos de invierno.

Se han reportado en estudios realizados en Australia, relacionados a la evaluación de rotaciones forrajeras, que al aumentar la proporción de cultivos dado su incremento en el rendimiento potencial y menor variabilidad comparado con

pasturas perennes, se vería beneficiada la producción de forraje anual (Chapman et al., 2008; Fariña et al., 2013).

Las pasturas perennes que generalmente son utilizadas por los productores en Uruguay incluyen una variedad de especies de gramíneas y leguminosas. Carámbula (2002) define a una mezcla forrajera como una población artificial formada por varias especies con diferentes características morfológicas y fisiológicas. Estas se complementan ya que pueden compensar su crecimiento cuando se enfrentan a diferentes factores de manejo, climáticos y edáficos. De esta forma intentan mantener de forma homogénea los rendimientos en determinadas épocas del año, además de hacer más largo el periodo de productividad de la pastura y haciendo más flexible su utilización. Por otro lado, el componente anual generalmente está compuesto por gramíneas anuales.

Una de las pasturas más difundidas son las gramíneas templadas, el crecimiento de estas se origina a partir de los macollos. Normalmente cada macollo produce 3 hojas vivas y mientras emerge la cuarta hoja la primera muere. Luego de una defoliación, el crecimiento del forraje se da por reservas de carbohidratos en tallos y raíces ya que aun la planta no posee capacidad fotosintética. Cuando la hoja llega a la tercera cuarta parte de su crecimiento es cuando puede adquirir esa capacidad y podrá recomponer las reservas que se utilizaron para crecimiento y mantenimiento. Se ha demostrado a través de estudios que si luego del rebrote, se realiza un pastoreo habiendo dos hojas por macollo, se estaría afectando el rebrote siguiente. Además, causaría problemas metabólicos en los animales, debido a niveles altos de potasio y nitrógeno (Fulkerson & Donaghy, 2001).

2.3. MANEJO DEL PASTOREO

El objetivo de manejar el pastoreo, se basa en poder cubrir los requerimientos nutricionales de los animales con pasturas productivas que sean de buena calidad. Para esto se debe tener en cuenta la intensidad de ese pastoreo, con qué frecuencia se realiza, la duración del mismo y no perder de vista la condición en que se encuentra la pastura cuando ingresan los animales (Holmes & Roche, 2007). Se debe tener en cuenta que, en los sistemas lecheros, no es posible cubrir los requerimientos animales con pasto como único componente en la dieta, sin resignar potencial productivo, la suplementación juega un rol importante en mantener esa pastura productiva y controlar la intensidad de pastoreo.

La perennidad de las pasturas que componen la rotación, está influenciada por medidas de manejo que se deben tomar para asegurar la misma. En primer lugar, la frecuencia es descrita como las veces que ingresa el animal a pastorear a un mismo lugar, teniendo en cuenta que, para lograr una productividad potencial, a la

hora de decidir cuándo ingresar a pastorear, la altura es un factor importante a tener en cuenta, determinando como óptima entre 15 - 20 cm o con una disponibilidad de 1,5 – 2,0 toneladas/hectárea de materia seca. Otro aspecto es la duración, que hace referencia al tiempo que están ocupando los animales la misma superficie consumiendo forraje. Se debe tener en cuenta que los animales no lleguen a comer cerca de los puntos de rebrote. Para esto se define un tercer aspecto, la intensidad, en base al remanente que se establece como objetivo. En términos generales, para praderas se busca dejar entre 5 - 10 cm dependiendo la especie forrajera. Se debe evitar sobrepastoreo de las praderas, así como también el pastoreo laxo (INIA, 2019).

Para poder controlar la intensidad de defoliación, uno de los aspectos principales a tener en cuenta en el manejo es regular la asignación de forraje, de esta forma se busca tener un impacto positivo en la cantidad y calidad de forraje que es producido y que será cosechado por los animales a lo largo del año (Aguerre et al., 2017).

La asignación de forraje se refiere a los kilogramos de pasto que se les ofrece a los animales, expresados en kilogramos de materia seca por animal por día. Los factores más importantes a tener en cuenta al momento de planificar la asignación de forraje son: disponibilidad de forraje en kg de MS, utilización del pasto, consumos esperados y calidad de la dieta (Lombardo, 2012). En presencia de una determinada disponibilidad de pastura por hectárea, en base al tamaño de la franja y la carga animal podemos regular la asignación de forraje (Aguerre et al., 2017). A medida que se incrementa la asignación de forraje se va afectando progresivamente en una menor respuesta al consumo. A su vez, esa relación está determinada por la condición en que se encuentra la pastura en cuanto a la altura y la disponibilidad, además del potencial productivo de los animales (Chilibroste et al., 2006).

En un estudio realizado por Zibil et al. (2016) en predios comerciales en la cuenca lechera del país, se observó que, llevando a cabo medidas de manejo, en cuanto a la disponibilidad y altura del forraje al momento de entrada y salida del pastoreo, la tasa de crecimiento tuvo un efecto significativo, siendo esta de 6,4 kg MS/ha/día de forraje extra producido, repercutiendo en una producción adicional total de 2336 kg MS/ha/año. En el otoño fue donde se vio un mayor impacto, explicado por 52% del crecimiento total.

La cantidad de forraje promedio ofrecido por vaca/día, el tiempo de acceso a la pastura, la disponibilidad y altura de forraje, tuvieron influencia en la variación observada de forraje desaparecido en el área pastoreada, explicando un 75%. A su vez, existe una alta asociación entre la cantidad de forraje promedio ofrecido por vaca y el forraje desaparecido (>70%), volviéndose esta variable un factor relevante a la hora de manejar la alimentación general y las pasturas cuando hablamos de

sistemas lecheros pastoriles. Si bien la asignación de forraje es un factor importante, también tiene influencia la estructura de la pastura previo al pastoreo, en cuanto a masa y altura de la misma, que afectan la tasa de consumo, la eficiencia de cosecha y el consumo total de MS (Zibil et al., 2016).

Los rumiantes tienen comportamientos ingestivos-digestivos circadianos debido a que responden a las variaciones en la intensidad de la luz diurna para comenzar a consumir forraje, pueden tener entre tres y cinco sesiones de pastoreo diarios. Los principales eventos ocurren temprano en la mañana y al atardecer, siendo este último el más significativo en términos de consumo de forraje (Gregorini, 2012). El pastoreo en la tarde podría ser más beneficioso que en la mañana, según un estudio realizado por Cajarville et al. (2015) en el cual estudiaron la variación a lo largo del día de los niveles de carbohidratos solubles y la fermentación in vitro de alfalfa y festuca cosechadas en otoño, encontraron que dichos niveles eran superiores en la cosecha de la tarde, esto lleva a que se podría considerar como buena práctica de manejo el pastoreo en la tarde mejorando así la respuesta animal.

Según Chilibroste et al. (2015), el tiempo que los animales dedican efectivamente al pastoreo es inversamente proporcional al tiempo de acceso a la pastura. Esto es importante tenerlo en cuenta, ya que el tiempo de permanencia influye sobre el consumo del animal y sobre las pasturas debido al pisoteo y las heces (Aguerre et al., 2017).

2.3.1 Manejo del pastoreo “Las 3R”

En Uruguay, a partir del año 2016, se está implementando un sistema de manejo propuesto por INIA, que tiene como objetivo hacer un mejor aprovechamiento del pasto producido en el área de pastoreo, teniendo en cuenta la gran ventaja comparativa que tiene el país que es la producción de leche en base al uso de forrajes. Este sistema se conoce como “Las 3R”: recorrida, rotación y remanente (Tuñón et al., 2018).

La recorrida se lleva a cabo semanalmente, permite entender el comportamiento del pasto, saber que sucede en cada potrero y permite a partir de eso tomar las decisiones pertinentes. La correcta realización de la recorrida abarca tres puntos: para obtener una mejora visual, se realiza en forma diagonal a través del potrero; se utilizan diferentes métodos que permitan estimar la disponibilidad de forraje entre ellos pasturometros del tipo C-Dax, plato medidor (RPM); determinar el estado fisiológico de las especies sembradas, teniendo en cuenta que para gramíneas, a partir de 2,5 a 3 hojas se puede entrar a pastorear, y para leguminosas a partir de 8 a 9 nudos (Tuñón et al., 2018).

La rotación se determina con el fin de utilizar lo mejor posible el pasto producido que se estimó a través de la recorrida. Es la forma de distribuir el pastoreo de forma tal que no se desperdicie.

El remanente es clave tenerlo en cuenta para que las pasturas puedan recomponerse más fácilmente. Para eso se considera dejar una altura de 5 cm (Tuñón et al., 2018). También repercute en los animales, remanentes bajos indican que las vacas pueden haber pasado hambre.

2.4. SUPLEMENTACIÓN

En los sistemas lecheros de base forrajera, es frecuente el uso de suplementos como forma de intentar corregir la diferencia existente entre lo que tienen los animales disponibles para consumir y sus requerimientos nutricionales (Viglizzo, 1981).

La suplementación de vacas lecheras en pastoreo se realiza con el objetivo principal de aumentar el consumo total de materia seca y cubrir la demanda energética relacionado a dietas basadas principalmente en pasturas. Además, se busca aumentar la producción de leche por vaca, aumentar el número de animales por unidad de superficie y la producción por hectárea, aprovechar mejor las pasturas con cargas más elevadas, mantener o mejorar la condición corporal para las diferentes etapas de lactación, prolongar la lactancia durante los períodos de déficit de forraje y aumentar los sólidos de la leche principalmente la proteína. Para establecer una estrategia adecuada de suplementación en vacas lecheras de alta producción, se requiere comprender el efecto de los distintos tipos de suplementos sobre el consumo de materia seca, el rendimiento animal y la digestión, además de proporcionar nutrientes que complementan el contenido nutricional del pasto y satisfagan los requerimientos de las vacas lecheras (Bargo et al., 2003).

En general, se pueden encontrar dos grandes grupos de alimentos suplementarios que se clasifican como forrajes y concentrados según su contenido de fibra cruda (Chamberlain & Wilkinson, 1996). Mieres et al. (2004) indican que los forrajes contienen un porcentaje de fibra mayor a 18%, y estos se pueden clasificar en cultivos forrajeros, forrajes toscos y forrajes conservados, los que son principalmente elaborados en el predio.

Según Oleggini et al. (2017), la composición de la dieta típica en el tambo uruguayo es de un 50% de pasturas, 22% de reserva forrajera y 28% de concentrado.

En un estudio llevado a cabo por Chilibroste (2015), se analizaron 391 establecimientos lecheros en el marco del Proyecto de Producción Competitiva de Conaprole, durante el periodo de 2011 a 2013. Los establecimientos fueron

clasificados según diferentes niveles de productividad (Baja, Media Baja, Media Alta, Alta). Estos niveles de productividad representan distintos grados de intensificación de los sistemas lecheros, evidenciando un aumento en la carga animal, la relación entre VO/VM, así como en la producción individual, a medida que se incrementa el nivel de productividad. Conforme el sistema se torna más intensivo, las cargas varían desde 0,78 VO por hectárea (VO/ha) en el nivel de baja productividad hasta 1,36 VO/ha en el nivel de alta productividad. En los sistemas de alta productividad, se observó un mayor consumo de suplementos en comparación con los sistemas de baja productividad, siendo un 53% mayor el consumo de concentrados y un 44% el consumo de reservas, sin que esto se tradujera en una reducción del consumo de pasto. Este estudio sugiere que a medida que se incrementa la carga animal en los sistemas, aunque los sistemas intensivos exhiben un comportamiento más pastoril, se incrementa el consumo de suplementos con el fin de equilibrar la oferta y la demanda de alimentos dentro del sistema.

2.4.1. Concentrados

En los establecimientos lecheros el suministro de alimentos concentrados es una técnica ampliamente utilizada, a consecuencia de requerimiento tanto en cantidad como en calidad de alimento que exige el ganado lechero y también a relaciones económicas favorables para su uso (Bartaburu, 1991). En términos generales su aporte en la dieta de las vacas lecheras está entre un 15 a 30 por ciento, lo que se traduce entre 0,15 a 0,30 kg/concentrado por litro de leche producido (Bartaburu, 2001). En producción competitiva para el periodo 21/22, el valor obtenido es de 0,26 kg/concentrado por litro de leche producido (M. Correa, comunicación personal, 2023).

En un ensayo realizado por Bartaburu (2001), se muestra la respuesta al uso de concentrado y el comportamiento animal, con tres disponibilidades de pasturas diferentes.

Tabla 5

Producción de leche en respuesta al uso de concentrado y comportamiento animal

kg MS/vaca/día	Nº vacas/ha	kg concentrado/ vaca/día *	Lts/vaca/día	Producción de leche/ha	Respuesta Lts/kg concentrado
55	1	4,6	21,8	1063	0,543
55	1	0	19,3	2946	
27,5	2	4,6	19,9	1950	0,587
27,5	2	0	17,2	1685	
13,7	3	4,6	16,5	3235	0,804
13,7	3	0	12,8	2491	

Nota. * Afrechillo de trigo. Elaborado con base en Bartaburu (2001).

Como resultado de este ensayo, se demostró una fuerte interacción entre el pasto y el concentrado. El agregado de concentrados en la dieta provoca efectos de sustitución - adición al consumo de pasturas, afectando tanto la producción individual como por hectárea. Además, se pudo constatar que, si la oferta de pasto es alta, la respuesta a la suplementación es baja. Esto está explicado por el efecto de sustitución, que lleva a que el animal deje de consumir forraje para comer concentrado, no modificando el consumo total.

Respecto a la carga animal, se presenta un aumento en la producción de leche por hectárea y una mayor respuesta al uso de concentrado. Por ende, si se cuenta con una oferta alta de forraje por vaca, es conveniente aumentar la carga animal y suplementar con concentrado, de esta forma se logra mantener la misma producción individual en comparación con una carga de 1 vaca/ha sin concentrado. Por último, si la oferta de pasto está limitada, es conveniente suplementar para aumentar el consumo total de alimentos (efecto aditivo), para lograr una mayor producción individual de leche.

2.4.2. Reservas forrajeras

Uruguay presenta la característica de mantener una marcada estacionalidad que lleva a encontrar períodos en los cuales excede el pasto, como es la primavera, y otros donde hay escasez. Para ajustar estos desequilibrios es que se elaboran reservas que permiten aprovechar los excedentes y diferirlos a períodos en los que la producción de forraje es baja (Irigoyen, 2009).

Según Irigoyen et al. (2011), en el relevamiento nacional de reservas forrajeras, los principales motivos que planteaban los productores para la

confección de reservas en establecimientos lecheros son la planificación anual, la alta dotación que se maneja en algunos predios y los excedentes de forraje.

En la tabla No. 6 se presentan datos extraídos de la Jornada Técnica de Lechería (Fossatti & Juanicotena, 2010), donde se presenta un relevamiento anual realizado a 28 establecimientos CREA (2005-2007), a partir de los cuales se utilizaron indicadores físicos, productivos y de alimentación, tomando como referencia las reservas forrajeras para elaborar la tabla. Los establecimientos se agruparon en tres subgrupos según margen bruto/ha.

Tabla 6

Indicadores físicos, productivos y de alimentación

	25% Superior	Medio	25% Inferior
Carga animal (VO/ha VO)	1,24	1,0	0,73
Reservas (kg MS/ha VO)	2171	952	696
Consumo Reservas* (kg MS/VO/día)	4,72	2,69	2,71
Consumo Pasto (kg MS/VO/día)	9,33	11,4	10,12
Consumo concentrado (kg MS/VO/día)	4,03	3,1	3,99
Litros leche/ha VO	9599	6516	4958
Litros leche (VO/día)	21	18,3	18,3

Nota. *Heno y silo. Adaptado de Fossatti y Juanicotena (2010).

Como resultado del relevamiento se puede decir que el percentil superior duplica en carga a él percentil inferior. La producción de leche por hectárea del subgrupo superior está asociada en primer lugar con la carga y en menor medida con la producción individual. Además, el percentil superior consumió en promedio 1-1,5 kg MS más de alimento total que los otros subgrupos, si bien comieron menos pasto, las reservas consumidas por vaca superan aproximadamente en 2 kg a los otros subgrupos, y en lo que respecta al consumo de concentrado fue bastante similar entre el percentil superior e inferior.

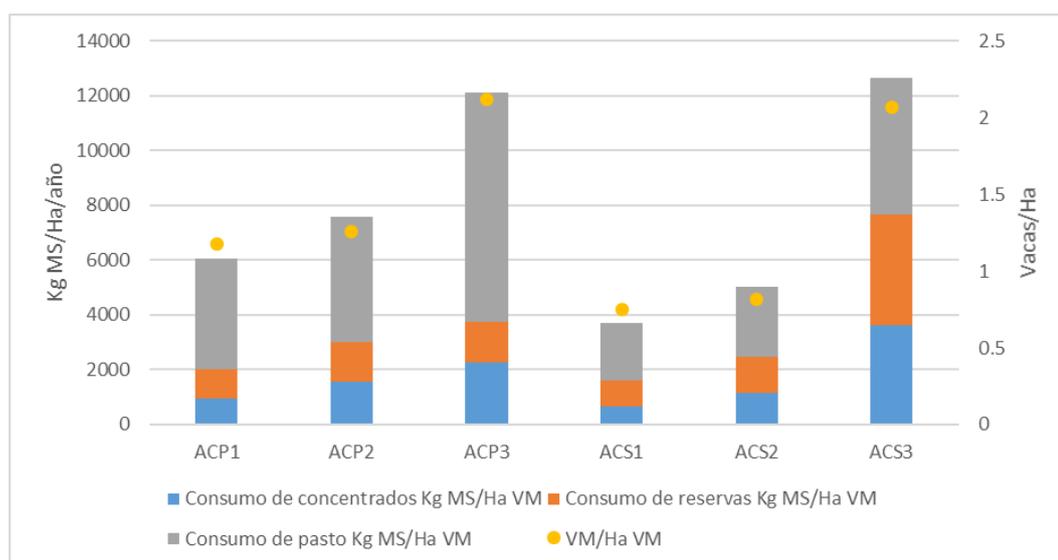
En conclusión, el consumo de reservas juega un papel fundamental para aumentar la producción de leche individual y por hectárea siendo esta última el indicador de mayor peso en los establecimientos más productivos.

2.4.3. Consumo de alimentos y carga animal

En la figura No. 1, se presenta el consumo de alimentos y carga animal según diferentes estrategias de alimentación e intensificación. Pedemonte et al. (2022) realizaron un estudio en el que se evaluaron 281 tambos, identificando dos estrategias de alimentación, una con alto consumo de pasto (ACP) y otra con alto consumo de suplementos (ACS). Para cada estrategia se determinaron 3 niveles de intensificación.

Figura 1

Consumo de alimentos y carga animal según estrategia de alimentación e intensificación



Nota. Elaborado con base en Pedemonte et al. (2022).

Se observa en la figura No. 1 la proporción que ocupa el pasto, los concentrados y las reservas en los 3 niveles de intensificación (1, 2 y 3) para cada estrategia de alimentación, obteniendo de esta forma 6 sistemas distintos con sus respectivas cargas. Se observa una gran heterogeneidad dentro de los establecimientos evaluados, un incremento en la carga genera consecuentemente aumento en la cantidad de alimento consumido. En promedio ACP presenta un 54 % más de carga, y un 55 % más de productividad.

2.5. PERFORMANCE ANIMAL

La raza Holstein es la de mayor importancia en los sistemas de producción de leche, en países de climas templados, considerando principalmente al número de animales y contribución a la producción mundial. Si bien su conformación es por animales de origen común, distintos estudios internacionales encuentran diferencias significativas en referencia a los criterios de selección utilizados, los mismos

tuvieron en cuenta características de producción, composición láctea, peso corporal, entre otras (González & Magofke, s.f.). Uruguay presenta distintos biotipos lecheros, según datos presentados por la encuesta lechera realizada por INALE (2014), un 83 % del rodeo nacional se conforma por animales de origen americano o canadiense, un 6 % Holstein neozelandés y el 9 % restante formado por las razas Jersey, Normado y cruza.

El clima templado de Uruguay se asemeja al de Nueva Zelanda, sin la presencia de temperaturas extremas y suelos fértiles, siendo un ambiente propicio para una gran producción de forraje que es la base de la alimentación de las vacas (Leániz & Voss, 2020). En los sistemas neozelandeses, a lo largo del tiempo se fue desarrollando la raza Holando neozelandesa seleccionando por características que le permitan al animal adaptarse a los sistemas de producción. Esta raza debería contar con características morfológicas tales que le permitan realizar caminatas largas, condición corporal que le permita ingerir grandes cantidades de pasto, y así poder cubrir los requerimientos de mantenimiento, producción y reproducción (Benítez & Hernandorena, 2015). En Uruguay, se fue introduciendo esta raza y también se fue seleccionando, buscando la morfología necesaria para que los animales se adapten a los sistemas forrajeros del país (Leániz & Voss, 2020).

2.5.1 Condición corporal

En vacas lecheras un indicador del balance energético del animal, es la estimación del estado corporal (EC). Su evaluación periódica permite prever la producción de leche, la eficiencia reproductiva, evaluar la formulación y asignación de alimentos y reducir la incidencia de enfermedades metabólicas en el inicio de la lactancia. La metodología para la medición del estado corporal, es estimar visualmente las reservas corporales, utilizando una escala de 1 a 5 (1= flaca; 5= gorda). Es importante su determinación en momentos claves como, el secado, el ingreso al parto, el parto y el pico de producción. El peso vivo no es un buen indicador de las reservas corporales, ya que vacas de un mismo peso, pero diferente biotipo y conformación, pueden presentar diferentes niveles de engrasamiento (Grigera & Bargo, 2005).

En la tabla No. 7, se presenta información relacionada al estado corporal objetivo y los rangos aceptables en diferentes momentos fisiológicos de los animales, según Grigera y Bargo (2005).

Tabla 7*Estado corporal objetivo y rango aceptable en diferentes momentos fisiológicos*

Momento fisiológico	EC objetivo	Rango aceptable
Parto	3,50	3,25 - 3,75
Lactancia temprana	2,75	2,50 - 3,00
Lactancia media	3,00	2,75 - 3,25
Lactancia tardía	3,25	3,00 - 3,50
Periodo de secado	3,50	3,25 - 3,50

Nota. Tomado de Grigera y Bargo (2005).

Los animales son altamente vulnerables a factores ambientales y de manejo, limitando su potencial productivo. Estudios reportados por Saravia et al. (2011), indican que factores como la temperatura y humedad tienen influencia negativa, provocando disminuciones productivas de 18,5%.

Bargo et al. (2002) realizaron un ensayo en el que compararon 3 grupos de animales alimentados con diferentes dietas: DTM 100 % (dieta totalmente mezclada, sin pasto), DPM (pasto + dieta totalmente mezclada parcial) y pasto + concentrado. Se evaluó la condición corporal de los animales, al inicio del experimento no presentaron diferencias significativas (2,85) CC, al finalizar el periodo en estudio si se vio diferencias entre tratamientos DTM 100 % (3,05), contra los suplementados en la pastura (2,61), DPM presentó valores intermedios (2,90). Dichas diferencias se atribuyen a la actividad en pastoreo.

2.6. EFECTO DE LA CARGA

La carga animal se define como el número de vacas por unidad de superficie (vacas/ha), considerando un tiempo determinado, ya sea anual o diario (Baudracco et al., 2010). Esta es una de las principales herramientas de manejo en sistemas pastoriles, ya que determina la demanda de alimento por hectárea. En función de una determinada producción anual de pastura, la carga determina un promedio anual de la asignación por vaca, así como la asignación diaria de pastura de forma indirecta. De esta manera va a estar influyendo sobre la productividad y la rentabilidad del sistema (Comerón et al., s.f.).

Comerón et al. (s.f.) realizaron un trabajo en el cual evaluaron el efecto de la carga en sistemas exclusivamente pastoriles. Para su estudio las cargas variaron entre 2,2 vacas/ha, clasificada como muy baja carga, y 4,2 vacas/ha que representa muy alta carga. Como resultado se observó que, a altas cargas animales, la acumulación de materia seca y la utilización de pasturas se incrementa, resultando

en un aumento de sólidos por hectárea. Sin embargo, la performance por vaca se afecta, reduciéndose la producción de sólidos por vaca, el peso vivo y también la duración de la lactancia. A muy baja carga animal, los sistemas se tornan ineficientes, debido al bajo porcentaje de utilización de la pastura y a muy altas cargas, el sistema fue ineficiente debido a una baja eficiencia de conversión de alimento en leche.

Comerón et al. (s.f.) explican que habría un efecto de la carga animal en la utilización de la pastura. En su trabajo donde se estudiaron diferentes cargas desde 2.2 a 4.2, observaron diferencias en el porcentaje de utilización, siendo este 64 y 81% respectivamente. En el mismo sentido, Baudracco et al. (2010), determinaron que con un aumento de la carga animal de 60 a 100 kg PV/t MS, la utilización anual del forraje aumentó de 66% a 85%, con una tasa de incremento promedio del 4,6% por cada 10 kg PV/t MS de incremento de la carga animal.

En un estudio realizado por Ortega et al. (2024), se combinaron 1,5 y 2 VO/ha, con dos alturas de pasto residual: alta (HR - 9 a 10 cm) y baja (LR- 6 a 7 cm). A partir de esas combinaciones se obtuvieron 4 tratamientos: 1,5 LR, 1,5 HR, 2 LR y 2 HR. Como resultado se observó un efecto de la carga en el forraje cosechado directamente, teniendo en cuenta que la producción anual de forraje alcanzó niveles similares en todos los casos. A partir de los datos de producción de forraje y cosecha directa se obtuvieron valores de utilización que son: 60 % 1,5 LR, 62% 1,5 HR, 72,5% 2 LR, 76% 2 HR. En este experimento también se obtuvieron resultados del efecto de la carga en la suplementación, observando que para los tratamientos con 1,5 VO/ha, el consumo de forraje conservado fue de 1853 kg MS/ha/año (LR) y 1883 kg MS/ha/año (HR), y para 2,0 VO/ha el consumo fue 2891 kg MS/ha/año (LR) y 3090 kg MS/ha/año (HR). Para el caso del concentrado, el consumo fue de 3101 kg MS/ha/año (LR) y 3111 kg MS/ha/año (HR), y para 2,0 VO/ha el consumo fue 4065 kg MS/ha/año (LR) y 4247 kg MS/ha/año (HR). Con el aumento de la carga, de 1,5 a 2,0 VO/ha, el consumo directo de forraje por animal aumento y requirió una mayor suplementación (reservas y concentrados), para mantener productividad de leche y sólidos lácteos.

Según McMeekan y Walshe (1963), a un mismo nivel de disponibilidad de forraje, cuanto mayor sea la carga menor será la asignación de forraje individual, viéndose afectado el consumo de forraje por los animales. Pese a lo cual, al haber más animales por unidad de superficie, la productividad será mayor en tanto no se supere un nivel de "carga óptima". En caso de superarse esta última, se verá afectada la producción individual de forma tal que un aumento de la carga no compensará la producción por hectárea.

En sistemas en los que se combina una mayor carga con diversidad de especies, tanto perennes (Alfalfa, hierba tropical mejorada, pastizales templados perennes) como cultivos forrajeros anuales (raigrás) en lugar de suplementación

con grano, provoca un aumento en la producción de leche por hectárea. Esto repercute en un menor riesgo económico al ser de base pastoril y depender menos de los concentrados (Chataway et al., 2010; Fariña et al., 2013).

Según datos extraídos del Proyecto de Producción Competitiva de Conaprole, en un periodo de tiempo que comprende desde 2013 hasta 2018 (Chilibroste & Battezzore, 2019), se realizó la tabla No. 8 que refleja la evolución de la carga animal expresada como unidad de superficie de la plataforma de pastoreo. En este proyecto se evaluaron 533 productores en promedio por año. A partir de dicha tabla podemos decir que la carga promedio en base en estos datos es de 1,14 VO/ha de plataforma de pastoreo (PP), se observa una estabilidad en la misma. Se debe considerar con precaución ya que estos datos reflejan el efecto conjunto de los años y que además fueron ingresando productores nuevos al proyecto.

Tabla 8

Evolución de la carga animal en plataforma de pastoreo según Conaprole periodo 2013-2018

Año	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Carga animal (VO/ha PP)	1,14	1,13	1,16	1,15	1,14	1,15

Nota. Elaborada a partir de Chilibroste y Battezzore (2019).

Fariña y Chilibroste (2019) compararon sistemas lecheros de diferentes países, en los cuales se observaron diferencias en cuanto a la productividad (litros de leche corregida por energía (ECM)/ha) y el número de animales por hectárea. Se observó que Estados Unidos y Nueva Zelanda producen más de 10 mil litros de leche ECM/ha, mientras que Uruguay y Argentina alcanzan valores medios por debajo de los 7.000 litros por hectárea. Uruguay y Argentina muestran una menor productividad que el resto, aunque mostraron producciones individuales similares a NZ por ejemplo. Esto es así debido a la menor carga que presentan estos dos últimos. Si bien Estados Unidos presenta altas producciones de leche con altas cargas (5,47 Vacas/Ha), cabe aclarar que se realiza con un sistema de producción estabulado, diferente a como se realiza la producción en Nueva Zelanda, Argentina y Uruguay, donde la actividad se realiza principalmente en base pastoril.

En la tabla No. 9 se exponen datos promedio entre los años 2013 – 2017, de productividad y carga en diferentes sistemas para los países que utilizaron Fariña y Chilibroste (INIA, 2019).

Tabla 9

Información biofísica de sistemas típicos de Estados Unidos, Nueva Zelanda, Argentina y Uruguay

	Estados Unidos	Nueva Zelanda	Argentina	Uruguay
Productividad (litros ECM*/ha)	57.965	14.609	4.107	3.971
Carga (vacas/ha)	5,47	2,84	1,04	0,72

Nota. *ECM = leche corregida por energía. Tabla elaborada a partir de INIA (2019).

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVO

La hipótesis que se plantea en este trabajo es si El nivel de carga animal (1.8 y 3.0 VO/ha) y la infraestructura influyen significativamente en las variables productivas, como la cosecha y producción de forraje, así también a las estrategias de alimentación durante la estación de otoño.

El objetivo general del trabajo fue estudiar el efecto de la carga animal en un sistema lechero con diferentes estrategias de alimentación, por un lado, uno de 1.8 VO/ha PP asociado a un sistema de bajo costo, que prioriza cosecha y producción de forraje en el área de plataforma y por otro 3.0 VO/ha PP (sistema de alta productividad), que basa su competitividad en la productividad sin resignar cosecha directa de forraje en la plataforma, utilizando un modelo general de alimentación pastoril dirigido a lograr alta eficiencia en la producción y utilización del forraje.

Como objetivos específicos tenemos:

- Analizar la producción y cosecha de forraje en el área de plataforma para la estación de otoño.
- Evaluar las oportunidades de pastoreo directo, consumo de reservas forrajes y necesidades de suplementación según el nivel de carga para la estación de otoño.
- Comparar la performance animal en cuanto a la producción de leche, sólidos, peso vivo y condición corporal, tanto individual como por hectárea.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. UBICACIÓN Y PERIODO A EVALUAR.

El experimento se realizó en el departamento de Canelones, en la localidad de Progreso, por camino Folle, Km 35.500, en el Centro Regional Sur (CRS), perteneciente a Facultad de Agronomía (“Latitud: S 31° 36’47.63”; “Longitud: W 56° 13’ 04.03”).

El periodo a evaluar fue la estación de otoño del año 2023, dando comienzo el 20 de marzo y culminando el 20 de junio.

4.2. SUELO

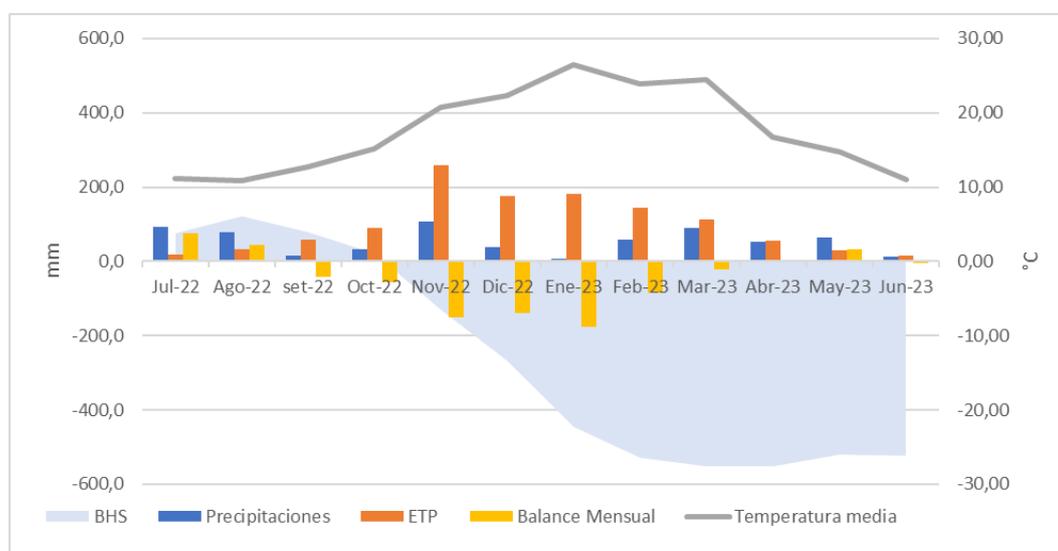
Los suelos en los que se llevó a cabo el experimento están mayormente caracterizados por pertenecer al grupo CONEAT 10.5a de la Formación Libertad. Los suelos son clasificados como brunsoles éutricos lúvicos, a veces clasificados como típicos, y tienen un índice de productividad de 236. Además, se observan presencias de los grupos 03.51 y 03.52 en baja proporción.

4.3. CONDICIONES CLIMÁTICAS

A partir de los datos proporcionados por el equipo técnico de CRS se realizó un gráfico que se observa en la figura No. 2, para representar las condiciones climáticas del último ejercicio agrícola.

Figura 2

Condiciones climáticas durante el ejercicio 2022-2023



Nota. Elaborado con base en G. Ortega (comunicación personal, 9 de setiembre, 2023).

La figura No. 2 muestra el registro de algunas variables climáticas durante el ejercicio agrícola del periodo julio 2022 a junio 2023, las mismas se describen para contextualizar el periodo en el cual se realizó dicho trabajo. La diferencia entre la evapotranspiración potencial (ETP). Por otro lado, el balance hídrico del suelo (BHS) es el acumulado del balance mensual, representa la oscilación del agua a lo largo de los meses. Se puede ver que a partir del mes de octubre comienza a asentarse el déficit hídrico, llegando a valores extremos en los meses de febrero-marzo muy cercanos a los -600 mm. Todo esto se atribuye a bajas precipitaciones. No se registraron periodos de exceso de agua. Las precipitaciones durante el ejercicio fueron de 652 mm, muy por debajo del promedio anual de 1200 mm. La temperatura media del periodo evaluado fue de 16.7 °C, dicho valor es similar al registrado por INIA Las Brujas durante el periodo de 1972 a 2023 de 15.4 °C.

4.4. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

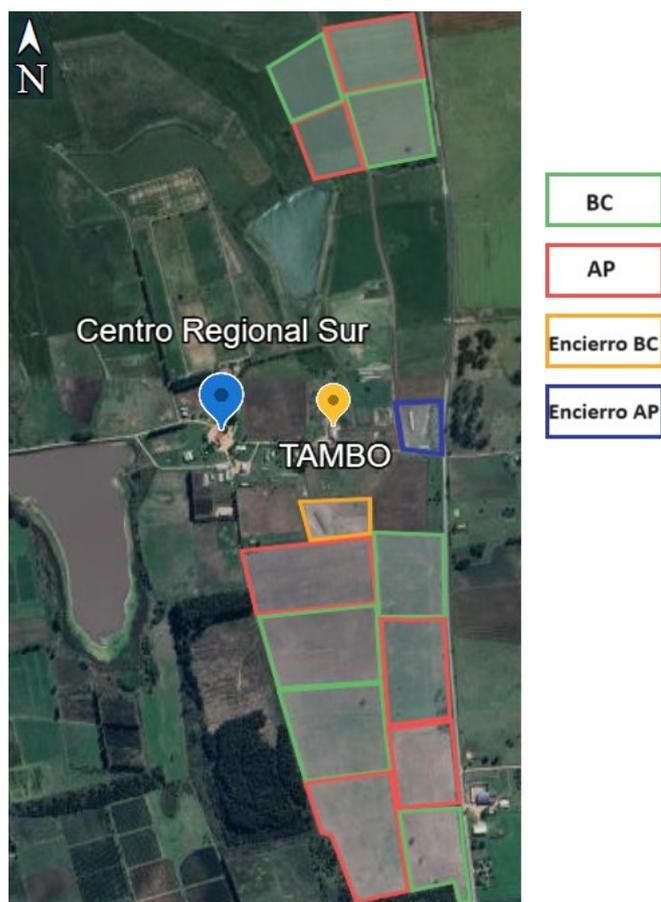
El experimento se basó en evaluar estrategias de intensificación de sistemas lecheros contrastantes, para el cual se contó con dos lotes de animales que conformaron los tratamientos, denominados por un lado de bajo costo (BC), que posee una operativa más simple, es autosuficiente desde la producción de fibra, y por otro lado de alta productividad (AP), que se caracteriza por presentar mayor nivel de infraestructura, importa reserva y presenta un nivel de carga mayor. Las cargas para cada sistema fueron 1,8 y 3,0 VO/ha PP para BC y AP respectivamente, cabe aclarar que dichas cargas son resultado de un promedio anual, sufriendo variaciones estacionales en función de los partos.

Los partos se concentraron en el mes de mayo, esto provocó que el número de animales se incremente a partir de este mes, llegando a un máximo de 32 vacas el lote BC y a 59 el lote AP durante el periodo en estudio. Como mínimo los lotes BC y AP contaron con 25 y 48 vacas respectivamente. La raza utilizada fue Holando de origen neozelandés en su mayoría, con algunos animales cruzas Kiwi, además los mismos se encontraban en diferentes etapas de lactación y edad.

El área total destinada al ensayo fue de 41,4 hectáreas, las cuales se subdividen en dos plataformas de pastoreo de 20,7 hectáreas respectivamente, para cada sistema, conformando los tratamientos BC y AP. A su vez se subdivide por potreros, como muestra la figura No. 3, siendo el color verde correspondiente al lote BC y el rojo al AP. Además, se encuentra detallado donde se ubican los encierros de cada tratamiento, próximos a la sala de ordeño. El encierro del lote verde contaba con un área total de 1,21 ha, y teniendo en cuenta el número máximo de animales del periodo en estudio, la superficie por vaca es de 378 m². La alimentación se realizaba dentro del encierro, en comedero tipo aro porta fardo. El lote rojo contaba con una superficie total de 0,55 ha, con un área por vaca de 93 m². La alimentación para este lote se realizaba en comederos de hormigón fuera del encierro. Ambos encierros contaban con agua permanente y sombra artificial.

Figura 3

Croquis de la plataforma de pastoreo según tratamiento



Nota. Elaborado con base en Google Earth (2024).

4.5. MEDICIONES REALIZADAS

4.5.1. Determinaciones de las pasturas y verdeos que comprenden la plataforma de pastoreo

La herramienta utilizada para la estimación de disponibilidad de forraje fue el C-Dax, un pasturómetro electrónico que mediante sensores de haces de luz infrarroja de avanzada tecnología permite medir la cobertura vegetal, a una tasa de 200 mediciones por segundo (Ortega et al., 2023). La ecuación de regresión utilizada fue $y = 13,469x + 826$, siendo “x” el valor de altura de forraje en milímetros al ras del suelo extraídos de C-Dax, e “y” la biomasa en kilogramos de materia seca por hectárea.

El pasturómetro C-Dax utilizado se muestra en el Anexo B.

4.5.2. Determinación de la biomasa de forraje y stock en la plataforma de pastoreo

Para la estimación de disponibilidad de forraje se procedió a recorrer los potreros asignados al experimento una vez a la semana y respetando siempre el mismo día. Se realizó una transecta en diagonal por cada potrero con el C-Dax acoplado a un tractor, registrando la altura promedio que aportó el instrumento. Con la ecuación previamente calibrada se convertía ese valor de altura en biomasa y de esta manera, se determinó el stock de forraje (definido como la disponibilidad promedio de forraje en el área de pastoreo), y la tasa de crecimiento para todos los potreros del experimento. En base a los datos de stock y tasa de crecimiento obtenidos, y teniendo en cuenta el stock objetivo establecido en el sistema de 2400 kg MS/ha, permiten la toma de decisiones en cuanto a los criterios de manejo como por ejemplo el ingreso al pastoreo en cada potrero. Por un lado, cuando el stock obtenido en la recorrida fue similar al objetivo, las alternativas eran hacer doble pastoreo si la tasa de crecimiento era alta, o de lo contrario, si la tasa era baja realizar un turno de pastoreo. Cuando el stock estaba por debajo del objetivo decisión era no pastorear. Por otro lado, cuando el stock superaba el objetivo la opción era realizar doble pastoreo, pero además cerrar área y confeccionar reservas.

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

4.5.3. Determinaciones de las franjas en pastoreo

4.5.3.1. Disponibilidad de forraje y remanente post pastoreo

Tres veces a la semana se realizaron mediciones con C-Dax sobre los potreros en los cuales se estaba realizando el pastoreo, que se subdividían en franjas electrificadas al momento del pastoreo. Para realizar la medición se recorría la franja de pastoreo en zigzag, buscando que esta sea lo más representativa posible. Se realizaba una medición previa del ingreso de los animales al potrero, y finalmente otra cuando estos se retiraban del mismo. Para lote BC la medición del post pastoreo se realizaba cada tres días dado que ese era el tiempo que permanecen los animales en la franja y para el lote AP las mediciones eran diarias. De esta forma, se logró obtener un disponible y un remanente de forraje. Por diferencia de los mismos se cuantificaba el consumo animal.

4.5.3.2. Consumo de pasto en kg MS/VO/día

Al evaluar la disparidad entre la biomasa disponible antes y después del pastoreo, multiplicar este valor por la extensión en hectáreas de la franja y al dividir el resultado entre la cantidad de animales en cada lote, fue posible determinar el consumo estimado de forraje en kilogramos de materia seca por animal y por día.

4.5.3.3. Determinaciones en los animales

Mensualmente se midió la producción de leche individual, la misma se realizaba mediante un medidor de flujo de leche con el que contaba la máquina de ordeño. También se midieron contenido de grasa y proteína mensualmente como principales componentes de la leche a monitorear, la información fue proporcionada por el laboratorio COLAVECO. Por último, el registro de peso vivo y monitoreo de la evolución de la condición corporal de los animales fue mensual, en el cual se utilizó balanza para peso y una escala visual para condición corporal. Todas las tareas anteriormente mencionadas fueron realizadas por un mismo operario.

4.6. ROTACIÓN FORRAJERA

La rotación estaba conformada por praderas perennes y praderas de corta duración, la misma tenía una duración de 6 años. Esta se subdivide en una pradera larga de 4 años, y una corta de 2 años.

Por un lado, la pradera larga estaba compuesta por las especies: Alfalfa, Festuca, Dactylis y Trébol Blanco, en diferentes mezclas. Por otro lado, la pradera corta, se componía por Achicoria, Trébol Rojo y Raigrás Magno, siendo esta variedad anual y de ciclo largo. En el ciclo de esta rotación, no formaban parte verdeos de verano.

Dado que el periodo de estudio fue otoño, y en esta etapa se están implantando las nuevas praderas perennes, el componente de primer año de la pradera larga no estuvo disponible para pastoreo durante la duración de este ensayo. En cambio, el componente de primer año de la pradera corta se comenzó a pastorear a fines del mes de mayo.

Debido al déficit hídrico generado a partir de un periodo prolongado con escasas precipitaciones, que abarcó de octubre del 2022 hasta abril del 2023 como refleja la figura No 2, provocó una gran mortandad de plantas en las bases perennes sobre todo de 3er año. Esto llevó a que se tomara la decisión de realizar intersiembras, principalmente en las praderas de tercer y cuarto año, ya que fue en estas donde se observó una mayor mortandad de plantas. La práctica se realiza con la finalidad de recomponer la base pastoril del sistema y evitar problemas de enmalezamiento. La especie utilizada para la resiembra fue raigrás.

4.7. MANEJO DEL RODEO EXPERIMENTAL

4.7.1. Composición de la dieta.

Las dietas se determinaban al comienzo de cada semana, considerando las posibilidades de realizar pastoreo directo por los animales, en base al stock y las tasas de crecimiento, contrastando con los requerimientos animales utilizando la planilla Lecheras de National Research Council (NRC, 2001). El criterio fue que, cuando el forraje no logró cubrir los requerimientos de las vacas, se recurrió a la suplementación con reservas forrajeras y concentrados. De cada tipo de reserva se obtenían muestras, las mismas eran pesadas en fresco y luego secadas. Una vez secas se volvían a pesar para así poder calcular el porcentaje de materia seca, necesario en la base de datos de los alimentos. También se conformaba una muestra mensual, compuesta por las submuestras semanales para análisis de composición química de los alimentos en laboratorio.

4.7.1.1 Suplementación

El tratamiento de AP fue suplementado durante el periodo evaluado con concentrado compuesto por maíz y canola ofrecido en sala de ordeño, el aporte de concentrado se daba mediante comederos con descarga automática. La estrategia fue mantener la performance animal en cuanto a la producción de leche cubriendo los requerimientos de consumo. En relación a las reservas forrajeras para el tratamiento AP, se suministró ensilaje de maíz de planta entera realizado en áreas de apoyo con una superficie de 8 ha dentro del predio en la zafra estival 2023, el tipo de confeccionamiento fue silo bolsa. Se suministraba en la plaza de alimentación en comederos de hormigón, mediante un mixer con balanza.

Respecto al tratamiento BC, el concentrado ofrecido fue el mismo que el tratamiento AP, dentro de la sala de ordeño. Para la reserva se ofreció henolaje de raigrás, el mismo fue confeccionado en el área de plataforma de pastoreo correspondiente a este tratamiento, de la primavera del año anterior y se suministraba dentro del encierro en comederos de aro tipo porta fardo.

4.7.2. Elección del potrero a pastorear

El objetivo de ingreso al pastoreo, es a partir de que se haya logrado un stock de forraje promedio no menor a 2400 kg MS/ha en toda el área de plataforma, dándose ese promedio cuando el potrero a pastorear presentara un disponible de 2900-3000 kg MS/ha medido con C-Dax. Todas las semanas se realizaba una recorrida de todos los potreros destinados al experimento, para ambos lotes, en la cual se determinaba cuál de ellos estaba accesible, en términos de disponibilidad de forraje, para que ingrese el lote de animales correspondiente a cada tratamiento. Además de la estimación realizada a partir de los datos brindados por el C-Dax, se valoraba visualmente el disponible de las pasturas.

Luego de definido el potrero que tenga más biomasa se procede al armado de franjas, que varían según el tratamiento en lo que respecta a tamaño y días de ocupación, ya que permanecen tiempos diferentes en cada parcela.

4.7.3. Tamaño de las franjas y permanencia de los animales en pastoreo

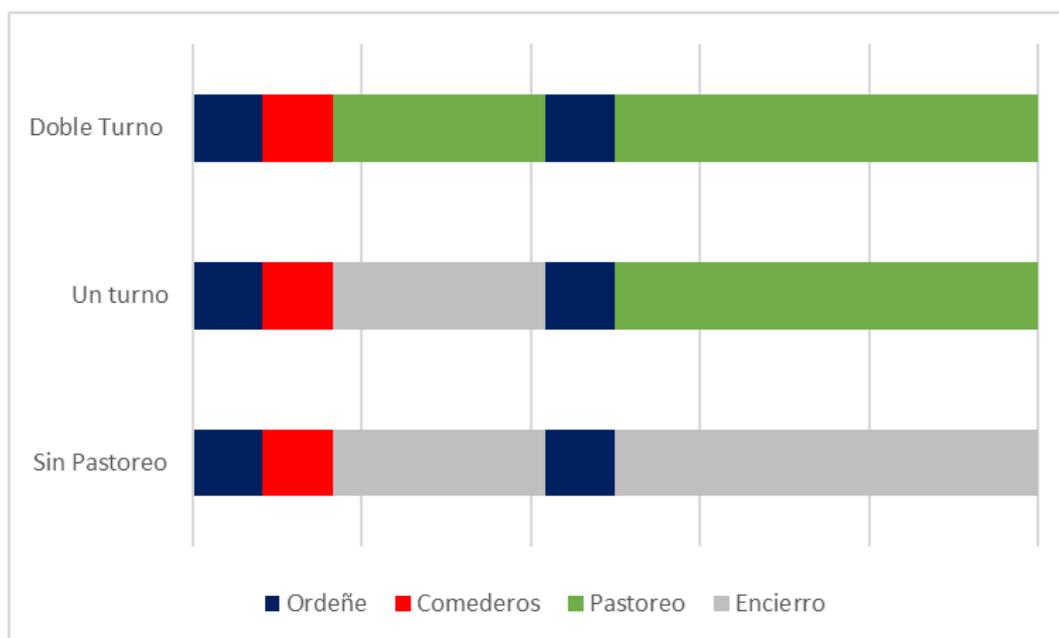
El tamaño de las franjas dependía de la disponibilidad de forraje que ofrecía cada potrero, de la asignación por animal y el número de animales. El sistema de BC estaba planificado para que la permanencia de los animales en la franja sea de por lo menos 3 días, esto facilitaba el trabajo del operario encargado de realizar las franjas, en cuanto al manejo del sistema. Por otro lado, el lote de AP ingresaba a una franja diferente todos los días, es decir, cada una rendía una comida en caso de que estén a un turno de pastoreo diario. La presencia de agua en la parcela no era limitante, ya que ambos sistemas tenían bebederos móviles.

4.7.4. Rutina de los animales

En el experimento, los lotes evaluados estaban identificados con collares de distinto color, asignándole el rojo al lote de alta productividad y verde al de bajo costo. Los lotes se mantuvieron separados durante todo el experimento y pastorearon en las áreas previamente asignadas en todo momento.

Figura 4

Rutina de los animales



En la figura No. 4 se muestran los tres sucesos que marcaban la rutina de los animales y los tiempos de permanencia que requiere cada etapa. En primer lugar, los horarios de ordeño fueron a las 6:00 am y a las 15:00 pm, con una duración de 2 horas por turno. Por otro lado, la alimentación en comederos se realizó luego del

ordeño matutino y tuvo una duración de dos horas, siendo el lote AP el que utilizaba la plaza de alimentación dado el tipo de reserva forrajera suministrada.

El pastoreo fue variable según el suceso en el cual se encontraba el manejo de las vacas, el suceso “Sin pastoreo” indicaba que los animales no ingresaron a las pasturas, estuvieron encerrados durante 18 horas en los potreros designados como áreas de descanso. Está asociado a que las condiciones del forraje no eran propicias en cuanto al stock del mismo que no hacía posible el ingreso a la pastura (apartado 4.5.3.1). Otra posibilidad “Sin pastoreo”, se asoció a condiciones climáticas adversas (exceso de humedad en el suelo), en cambio para la condición de “Doble Turno” indicaba que los lotes ingresaban a la pastura dos veces por día, sumando 18 horas de permanencia en la parcela. Se produjo en condiciones en que el stock alcanzó el objetivo y los crecimientos satisfacían la demanda animal. Para el suceso “Un Turno”, los animales ingresaban a la pastura solo una vez al día, con un tiempo de permanencia de 13 horas, mientras que el tiempo restante se encontraban en encierro.

4.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para poder hacer una evaluación estadística de los sistemas, se definió un diseño completamente al azar con los sistemas de BC y el de AP como tratamientos. Las variables de respuesta son la performance animal teniendo en cuenta producción de leche (lts), composición en cuanto a grasa y proteína (%), estado corporal (Escala 1-5) y peso vivo (kg), la unidad experimental fue el animal, obteniendo así un número de repeticiones como cantidad de animales que había durante el experimento en cada lote. Por otra parte, cuando analizamos la producción de forraje, stock, oferta y consumo de alimentos (kg MS/ha) y tasa de crecimiento de las pasturas (kg MS/ha día), nuestra unidad experimental era cada potrero, obteniendo así 6 repeticiones por lote evaluado. Las medias se compararon utilizando la prueba de Tukey donde se rechaza H_0 con probabilidad de error de tipo α ($\alpha=0,05$). Para el análisis de datos, se utilizó el software estadístico InfoStat.

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

Siendo Y_{ij} nuestra variable de respuesta, μ la media poblacional, es decir, la media de todas las observaciones del experimento, τ_i el efecto de cada tratamiento (AP Y BC) y ϵ_{ij} el error experimental.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. PASTURAS

En la tabla No. 10, se presentan los datos correspondientes a la producción de forraje, stock y tasa de crecimiento de las pasturas para el período marzo-junio 2023.

Tabla 10

Producción de forraje, stock y tasa de crecimiento para el período marzo-junio 2023

	Tratamientos		Significancia
	1,8 VO/ha PP	3,0 VO/ha PP	
Producción de forraje (kg MS/ha)	2298	2501	Ns
Stock (kg MS/ha)	2087	2067	Ns
Tasa de crecimiento (kg MS/ha/día)	23,24	26,49	Ns

Nota. Referencias: significancia= *, $p < 0,05$.

Comparando las variables para los dos tratamientos, no se evidenció la existencia de diferencias significativas.

Para la producción de forraje se obtuvo en promedio para cada tratamiento, 2298 kg MS/ha en los potreros que accede el lote de bajo costo y 2501 kg MS/ha para el lote de alta productividad. Los valores obtenidos en el experimento se encuentran por encima a los que brinda Leborgne (2014) para la misma estación del año (otoño) y similares mezclas forrajeras, siendo esta de 1700 kg MS/ha. Lo mismo sucede con los resultados de producción para otoño, elaborados a partir de datos de Oleggini et al. (2017), obtenidos por seguimiento satelital para las tres rotaciones presentadas, que estuvieron por debajo de los valores obtenidos en este trabajo. Estas diferencias pueden estar explicadas debido al año particular en relación a la sequía, lo que llevó a la inclusión de intersembras de Raigrás en el experimento para recomponer la base forrajera, dicho manejo se llevó a cabo en el 47% (9.7 ha) de la plataforma de pastoreo, si tomamos el área efectiva al comienzo del otoño se intersembró el 75%, dado que esta especie presenta en promedio una tasa de crecimiento mayor a praderas perennes, además luego de la seca, queda más nitrógeno disponible para ser utilizado por las plantas consecuencia de la mineralización ocurrida en esas condiciones. Por otra parte, se debe tener en cuenta que actualmente existen cultivares más productivos y se ha modificado el esquema

de fertilización respecto a los utilizados en 1978, año en el que se elaboró la tabla de Leborgne. Los tratamientos evaluados no mostraron un efecto del aumento de la carga animal sobre dicha variable.

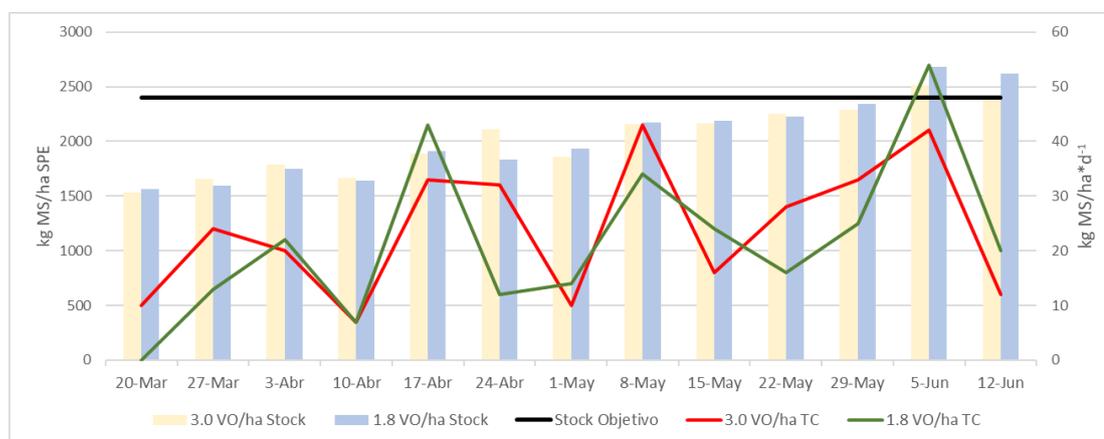
Con respecto al stock, el objetivo establecido fue de 2400 kg MS/ha. Para ambos tratamientos se calculó el stock promedio, resultando que en ninguno de los dos casos el valor objetivo fue alcanzado.

En relación a la tasa de crecimiento, las obtenidas en este trabajo fueron en promedio similar a las que proporciona Conaprole (2019) para el mismo periodo en estudio de 25 kg MS/ha/día, en esta etapa las pasturas reinician el rebrote y macollaje luego del verano. En otoño, el área efectiva de pastoreo disminuye ya que nos encontramos con potreros recién sembrados e intersembrados. Esta reducción del área lleva a contar con menor disponibilidad de forraje promedio en la plataforma del pastoreo.

En cuanto al manejo del forraje fue clave la gestión del mismo en función principalmente de la tasa de crecimiento y del stock, de esta manera definir qué momento es apropiado para pastorear regulando la intensidad o permitir el descanso de la parcela para recomponer el stock de forraje, incluso controlar excesos con cortes mecánicos.

En la figura No. 5 se representa quincenalmente la evolución del stock de forraje en cada tratamiento y la tasa de crecimiento.

Figura 5
Stock y tasa de crecimiento según tratamiento

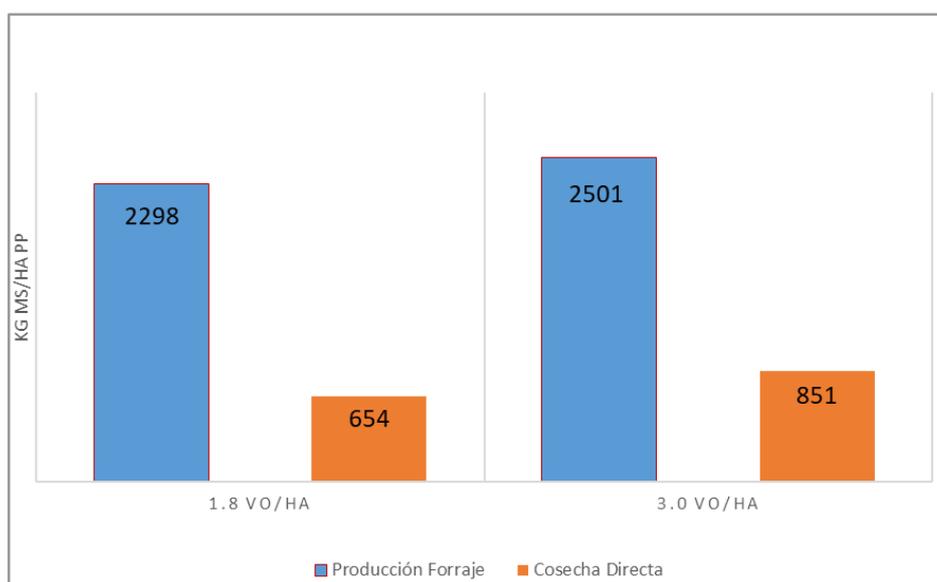


Como se puede apreciar en la figura No. 5, la tasa de crecimiento tiene una tendencia al aumento, que podría estar explicado por una mejoría de las condiciones en cuanto a presencia de lluvias (figura No. 2).

Evaluando semanalmente el Stock de forraje, se puede apreciar la tendencia al aumento de la misma. Partiendo de una situación crítica de 1500 kg MS/ha en marzo para ambos tratamientos, observándose que, a comienzos del mes de junio, él mismo alcanzó el objetivo. Esto se logró principalmente por medidas que se tomaron buscando la recuperación de stock frente a la opción de consumir el forraje que se iba produciendo.

Figura 6

Producción y cosecha de forraje según tratamiento sobre la plataforma de pastoreo



Los resultados presentados en la figura No. 6 se generaron a partir de las mediciones de crecimiento y de consumo animal de forraje. Se obtuvo la producción de forraje total, y la cosecha directa (pastoreo con las vacas), teniendo en cuenta que durante el periodo no se confeccionaron reservas forrajeras. Estas mediciones están expresadas sobre la totalidad de la plataforma de pastoreo para los tres meses de estudio.

Tabla 11

Producción y cosecha de forraje en la plataforma de pastoreo según tratamiento (kg MS/ha PP)

	1,8 VO/ha	3,0 VO/ha	Significancia
Producción de forraje	2298	2501	Ns
Cosecha directa	654	851	Ns
Eficiencia Cosecha	0,28	0,34	Ns

Nota. Referencias: significancia= *, $p < 0,05$.

Los resultados de la tabla No. 11 muestran eficiencias de cosechas que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, siendo de 28 % para el lote BC y de 34 % para AP, no evidenciándose un efecto de la carga en dicho indicador. Las eficiencias de cosecha fueron bajas para ambos tratamientos, si lo comparamos con el trabajo realizado por Ortega et al. (2024), en el que se obtuvieron valores de eficiencia de cosecha entre 60 a 76% para los 4 tratamientos, con cargas de 1.5 y 2.0 VO/ha respectivamente, dichas utilizations son el resultado de un promedio de tres años de evaluación, y la información fue tomada en base anual y no estacional como en este trabajo.

En el mismo sentido Comerón et al. (s.f.) explican que habría un efecto de la carga animal en la utilización de la pastura. En su trabajo se estudiaron diferentes cargas desde 2.2 a 4.2 mostrando diferencias en el porcentaje de utilización, siendo este 64 y 81% respectivamente. Esto demuestra que, al aumentar la carga animal, la utilización de la pastura aumenta. En este trabajo, como se mencionó anteriormente, no se mostraron diferencias significativas entre tratamientos, por lo que no habría un efecto de la carga en el indicador utilización de pasturas, esto debido principalmente a que el crecimiento de las pasturas, se destinó a la recomposición del stock de forraje.

5.2. PASTOREO Y SUPLEMENTACIÓN

Figura 7

Tiempos de encierro y pastoreo desglosado por turnos para el tratamiento BC

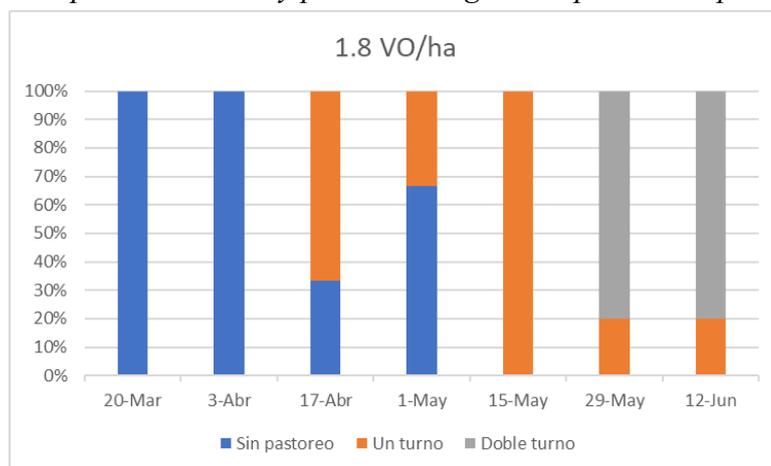
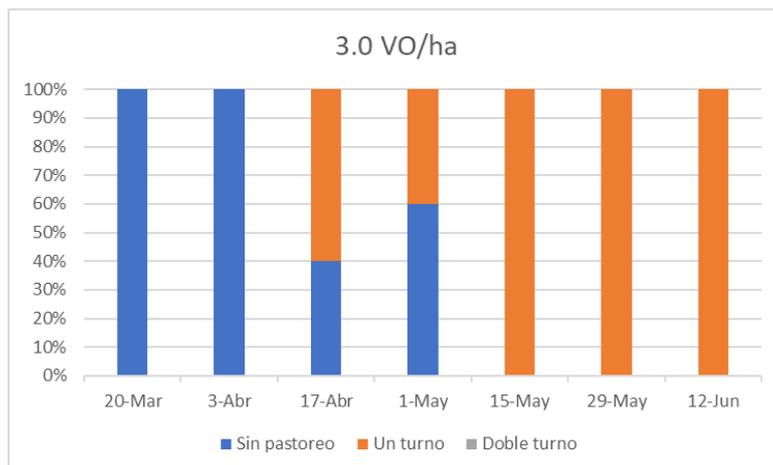


Figura 8

Tiempos de encierro y pastoreo desglosado por turnos para el tratamiento AP



En las figuras No. 7 y 8 se ilustra de forma quincenal, desde el comienzo del trabajo el 20 de marzo, la proporción que corresponde a tiempos de encierro y tiempos de pastoreo, desglosado a su vez por turnos de acceso a la pastura. Es necesario aclarar que las fechas que se indican en el eje horizontal, corresponden al día de comienzo de cada quincena, además el 12 de junio solo abarca los días hasta el final del trabajo que fue el 20 de junio.

Las posibilidades de pastoreo directo fueron restringidas durante una parte del periodo estudiado, ya que estuvieron afectadas por las condiciones climáticas, como consecuencia los animales permanecieron un 73,5% del tiempo encerrados. Cuando retomaron la actividad, teniendo en cuenta que las condiciones eran favorables para el crecimiento de la pastura, se fue regulando progresivamente el tiempo y los turnos de pastoreo de forma diferencial para cada lote evaluado, en base a la recomposición de stock de forraje con el objetivo de no comprometer la producción a futuro.

En cuanto los tiempos de pastoreo y encierro, fueron similares para ambos tratamientos por el largo periodo que tuvieron los animales encerrados, 70 y 77% para BC y AP respectivamente. El lote BC logró ingresar en doble pastoreo al final del periodo evaluado, porque se alcanzó el stock objetivo en el potrero, no así para el lote AP, que hasta el final del periodo no había alcanzado el stock para poder realizar doble pastoreo, explicado porque este lote tiene mayor número de vacas/ha y el crecimiento de la pastura no lograba cubrir los requerimientos de los animales.

En el mes de abril, los pastoreos que se realizaron son principalmente para brindarle mejores condiciones de implantación a las intersiembras realizadas en las praderas, no por haber llegado al stock objetivo.

5.3. CONSUMO DE ALIMENTOS

En la tabla No. 12, se presentan los datos correspondientes al forraje producido y consumo de alimentos para el período marzo-junio 2023.

Tabla 12

Consumo de alimentos kg MS/ha para el período marzo-junio 2023

	1,8 VO/ha		3,0 VO/ha		Significancia
	kg MS/ha PP	%	kg MS/ha PP	%	
Consumo Forraje	654	27	851	21	Ns
Consumo reserva **	752	32	1424	34	*
Consumo concentrado***	979	41	1871	45	*

Nota. Referencias: significancia= *, $p < 0,05$; ** Consumo estimado por dieta semanal; *** Toda la oferta de concentrado es consumida ya que no se evidencia desperdicio.

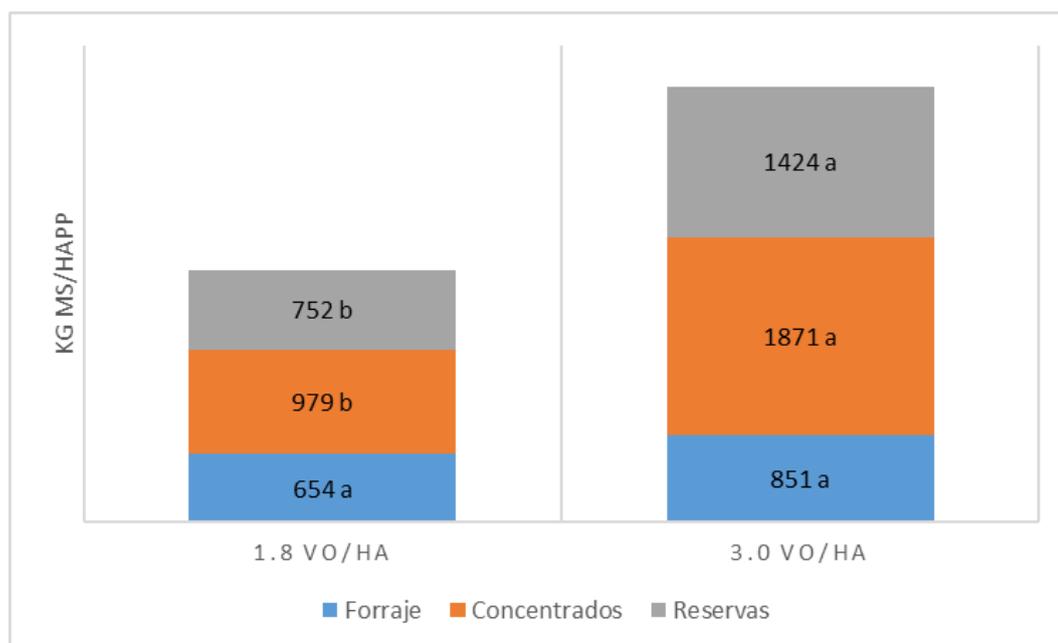
En relación al consumo de forraje no hubo diferencias significativas entre tratamientos, esto puede estar explicado por el manejo de los mismos, que fue similar en los meses estudiados, ya que comenzaron a pastorear avanzado el otoño y aún no se mostraban diferencias marcadas respecto al crecimiento de las pasturas, no evidenciado un efecto de la carga en el consumo por hectárea.

Cuando hablamos de reservas, las diferencias son notorias entre tratamientos y se refleja el efecto de la carga, con un aumento en consumo de reservas por hectárea. Con respecto al concentrado se ve el mismo efecto que para las reservas. En el lote de alta productividad donde la carga es mayor, el consumo por hectárea supera el del otro tratamiento, mostrando diferencias significativas en el consumo. La carga tiene influencia en la demanda de alimentos del sistema, el aumento de la misma provoca un incremento en la inclusión de suplementos en la dieta, tanto de reserva forrajera como de concentrados para alcanzar la producción objetivo. Esto se asemeja con un trabajo de Chilibroste (2015), que evaluó diversos niveles de intensificación, desde baja hasta alta productividad, donde las cargas animales aumentaban conforme el sistema se volvía más intensivo. Se demostró que a medida que aumenta el número de animales por hectárea, se incrementa el consumo de suplementos para gestionar los desequilibrios en la dieta. En cuanto a los porcentajes, desde baja productividad hasta alta, los concentrados y las reservas aumentaron en un 53% y un 44%, respectivamente.

Si comparamos los valores de Oleggini et al. (2017), con los obtenidos en este trabajo, el concentrado se encontró en mayor proporción respecto a los demás alimentos, representando el 41% de la dieta. Esta alta proporción de concentrado en la dieta se explica por la necesidad de mantener la performance animal, dado que los animales no se encontraban pastoreando durante el 60 por ciento de tiempo evaluado y se contaba con poca cantidad de reservas. Este alimento presentó diferencias significativas entre tratamientos, explicando un efecto de la carga en el incremento de consumo de concentrado por unidad de superficie.

Figura 9

Consumo de alimentos para el periodo marzo-junio 2023



Nota. Referencias: significancia= *, $p < 0,05$.

En la figura No. 9 se puede ver el efecto de la carga en el consumo de reserva y concentrado que fue explicado anteriormente en la tabla No. 12, viéndose para el consumo de forraje una leve diferencia entre ambos tratamientos para forraje pero que no fue suficiente para mostrar un efecto significativo. Cabe resaltar la menor participación que tuvo el forraje respecto a los demás componentes en el consumo para ambos tratamientos.

Tabla 13*Consumo de alimentos por vaca (kg MS/VO/día) según tratamiento*

	1,8 VO/ha	3, 0 VO/ha
Forraje	4,87 a	3,45 a
Reserva	6,42 a	6,50 a
Concentrado	7,17 a	8,40 a
Consumo total	18,46 a	18,35 a

Nota. Referencias: significancia= *, $p < 0,05$.

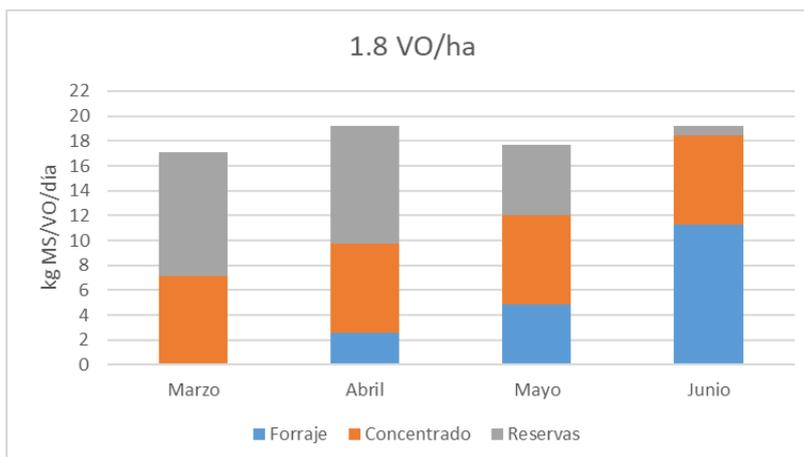
En la tabla No. 13 se refleja el consumo individual representado mediante un promedio para cada alimento que compone la dieta durante el periodo estudiado. Se puede observar que, para el tratamiento de mayor carga, el componente concentrado fue mayor respecto al de menor carga. Esto está asociado a la planificación del experimento teniendo en cuenta que el lote de mayor carga o AP inicialmente iba a tener una mayor proporción de concentrado en la dieta (2 kg/VO/día), esto fue así durante los meses de marzo y abril, suministrado en la plaza de alimentación junto con la reserva forrajera. Además, por la condición de déficit hídrico que se venía atravesando, era necesario recomponer la base forrajera y el suplemento fue el aliado fundamental para controlar la intensidad de pastoreo, que según INIA (2019) y Tuñón et al. (2018) se debería dejar un remanente de al menos 5 cm para que la recomposición sea más fácil. En concordancia con Bartaburu (2001), que explica la relación de la carga animal con el uso de concentrados en la dieta, lo que se observó fue que, a una determinada oferta de forraje, si se aumentaba el número de animales por hectárea, el agregado de concentrados permitía cubrir la demanda de alimentos y mantener la producción individual.

En cuanto a las reservas consumidas individualmente, las diferencias son insignificantes para ambos tratamientos.

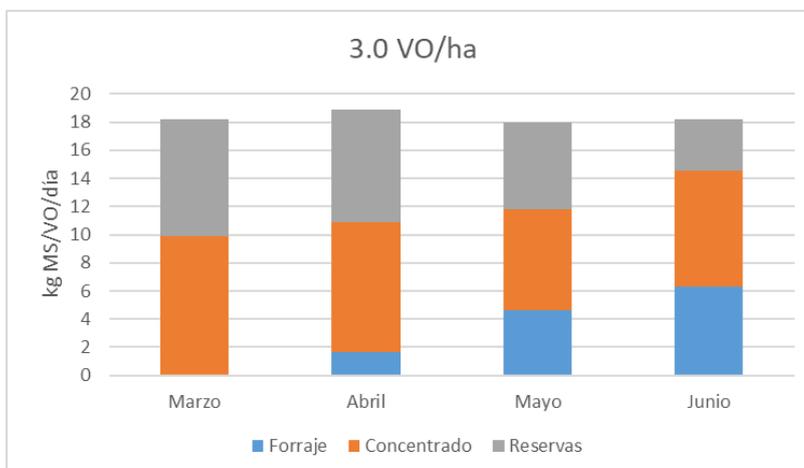
El componente pasto se muestra en una menor proporción de la dieta y presenta una leve diferencia entre tratamientos, siendo el lote de menor carga el que tiene un mayor consumo del mismo (4,87 vs 3,45 kg MS/VO/día). Puede estar explicado porque este lote, en el último mes evaluado tuvo la posibilidad de ingresar en ambos turnos a pastorear aumentando así el promedio, incrementando así los kilos de forraje consumidos en ese periodo.

Figura 10

Evolución del consumo de alimento por vaca (kg MS/VO/día) en el tratamiento BC

**Figura 11**

Evolución del consumo de alimento por vaca (kg MS/VO/día) en el tratamiento AP



En las figuras No. 10 y 11, se puede observar la evolución del consumo de alimentos por vaca, lo cual varía a lo largo del periodo, no solo en los kg MS/VO/día, sino también la participación que tiene cada componente en la dieta. El mes de marzo fue tan crítico que independientemente de la carga, los sistemas necesitaron reservas y concentrado para mantener su producción. En el caso del forraje comenzó a aumentar su participación desde el mes de abril, para las reservas se mantuvieron constantes durante todo el periodo, los concentrados comenzaron a disminuir una vez que el forraje comenzó a tener mayor participación.

5.4 PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE

5.4.1. Producción y composición de leche por superficie de plataforma de pastoreo

En la tabla No. 14 se presentan los datos correspondientes a producción y composición de leche por superficie de plataforma de pastoreo para el período marzo-junio 2023.

Tabla 14

Producción y composición de leche en plataforma de pastoreo para el período marzo-junio 2023

	Tratamientos		Significancia
	1,8 VO/ha PP	3,0 VO/ha PP	
Leche (Lts/ha)	2663	5089	*
Sólidos (kg/ha)	249	439	*

Nota. Referencias: significancia= *, $p < 0,05$.

A partir de lo que veníamos analizando anteriormente, relacionado al consumo y evaluando cómo se proporcionan los alimentos para cada tratamiento y qué relación tienen con el objetivo buscado para cada uno de ellos, llegamos a lo que es la producción de leche que es fundamental en la planificación del experimento.

En la tabla se refleja que la producción de leche (Lts/ha) de los 2 tratamientos, mostró diferencias significativas lo que indica que el lote AP obtuvo una mayor producción por hectárea, ya que este lote presenta una mayor carga animal. A partir de un estudio realizado por Fariña y Chilibroste (2019), en el que se compararon producciones lecheras de diferentes países, con diferentes cargas animales y estructuras productivas, quedó demostrado que al aumentar el número de animales por hectárea aumentaba la productividad por unidad de superficie. Según dichos autores esto se logra con un manejo adecuado, que incluye una alimentación adecuada que equilibre ese aumento en el número de animales.

En referencia a los sólidos, también se aprecia una marcada diferencia entre ambos. Esto es importante a nivel productivo, pero también a nivel económico, teniendo en cuenta el pago adicional que recibe el remitente por parte de Conaprole.

Fariña y Chilbroste (2019) explican que es necesario mantener la producción individual para obtener mayor productividad por hectárea, asociado a un aumento de la carga animal. Para esto es necesario cubrir la demanda de alimentos, compensando la menor asignación de forraje individual con suplementos como reservas y concentrados. Los tratamientos evaluados no mostraron diferencias significativas, por lo que no se evidenció un efecto del aumento de la carga animal. Esto puede explicarse porque en ese periodo de evaluación gran parte del tiempo los animales permanecieron encerrados, con una dieta a base de reservas y concentrados, haciendo que se mantuviera la producción individual, cuando se retomó el pastoreo se comenzaron a ver indicios de la brecha que genera el efecto de la carga en la producción individual como se puede visualizar en las figuras No. 13 y 14.

En este trabajo se puede visualizar que las producciones de leche individuales obtenidas superan valores de producción individual de Producción Competitiva (21/2022) brindados por M. Correa (comunicación personal, 2023) y DIEA (2023), siendo estos 19,9 y 20,24 litros por VO.

5.4.2. Producción y composición de leche por vaca ordeño

En la tabla No. 15, se presentan los datos correspondientes producción y composición de leche por vaca ordeño para el período marzo-junio 2023.

Tabla 15

Producción y composición de leche por vaca ordeño para el período marzo-junio 2023

	Tratamientos		Significancia
	1,8 VO/ha PP	3,0 VO/ha PP	
Leche (Lts. /VO/día)	20,41	21,42	Ns
Grasa (kg/VO/día)	1,1	1	Ns
Proteína (kg/VO/día)	0,81	0,85	Ns
Grasa (%)	5,11	4,76	*
Proteína (%)	4,03	4,04	Ns
Sólidos (kg/VO/día)	1,91	1,85	Ns

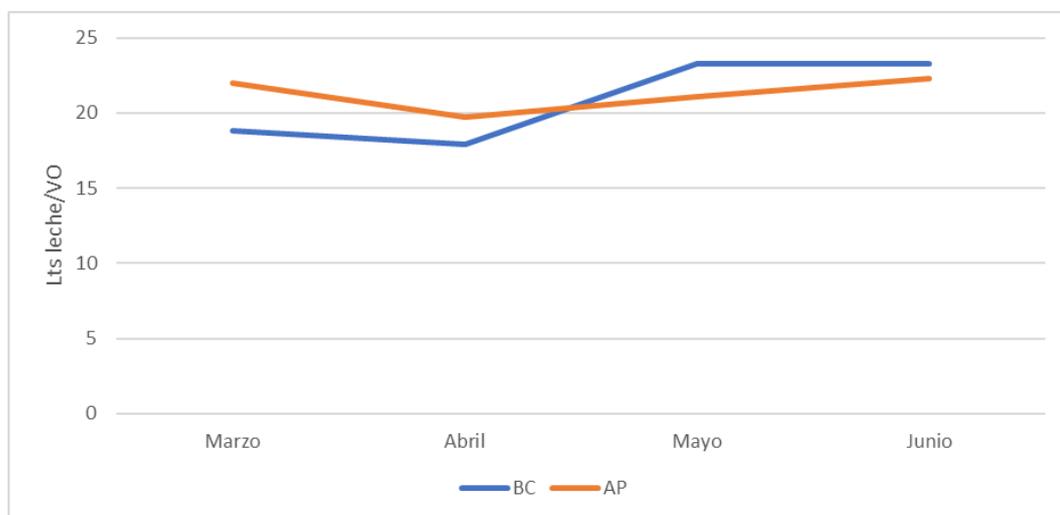
Nota. Referencias: significancia= *, $p < 0,05$.

En la tabla No. 15 se visualiza la producción de leche y sus componentes principales para ambos tratamientos, dando como resultado que no haya diferencias significativas en la mayoría de los componentes que se evaluaron. Por lo tanto, ambos tratamientos tuvieron la misma producción, lo que demuestra que el aumento de la carga no refleja una disminución de la producción individual.

El único componente que mostró diferencia significativa entre tratamientos fue la grasa, esta diferencia se puede explicar por la composición de la dieta que tiene cada lote. La dieta del BC contaba con más fibra, ya que los animales comían henolaje de raigrás y lograron alcanzar a fines del periodo estudiado el doble turno de pastoreo. Como consecuencia, se producen más precursores de grasa láctea en glándula mamaria (acetato) principal ácido graso volátil presente en la formación de grasa en la leche, obteniendo así valores superiores al AP (Urrutia & Muñoz, 2020).

Figura 12

Evolución de la producción de leche individual en litros Leche/VO



En la figura No. 12, indica cómo evoluciona la producción de leche por animal en cada tratamiento, el aumento de producción que se dio en el lote BC en los meses de abril-mayo no lo atribuimos al consumo, dado que la información refleja que no hay significancia entre ambos tratamientos, una de las razones del aumento de producción de leche individual es el recambio de animales, en el cual se secaron vacas e ingresaron animales recién paridos que producen más leche que animales finalizando su lactancia.

5.4.3 Consumo de alimentos y producción individual de leche

Figura 13

Evolución del consumo y producción de leche por vaca en ordeño en el tratamiento BC

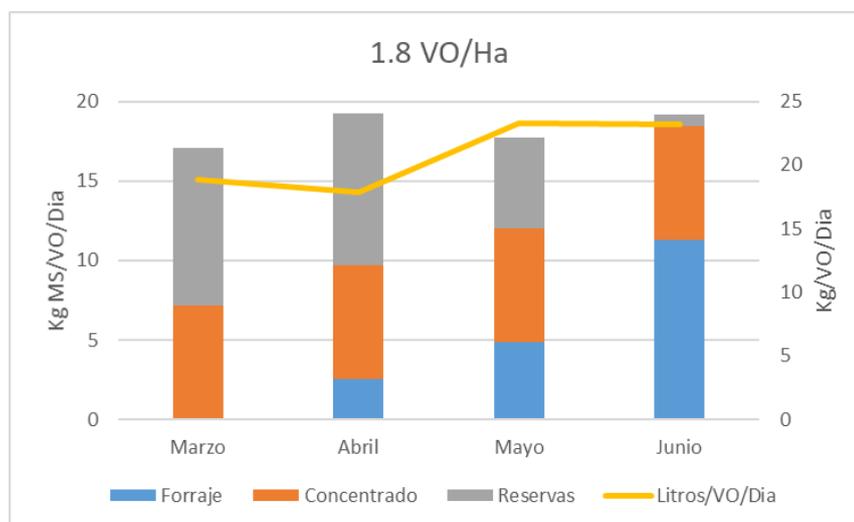
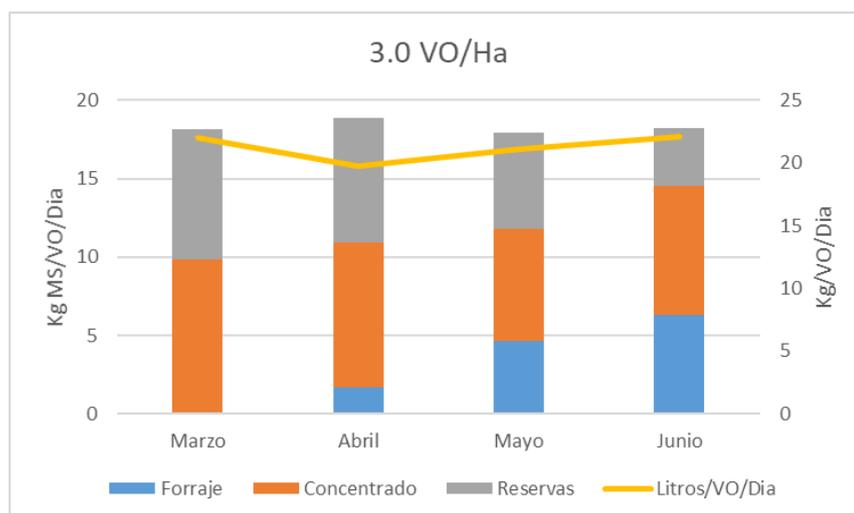


Figura 14

Evolución del consumo y producción de leche por vaca en ordeño en el tratamiento AP



En las figuras No. 13 y 14 se observa la evolución del consumo de materia seca y la producción de leche tanto por animal como por día. El tratamiento de alta productividad presenta una mayor respuesta en producción individual en el mes de marzo, que podría estar explicado por una mayor proporción de concentrado en la dieta respecto al tratamiento BC, que si bien consumen similar cantidad de alimento en kg MS/VO/día se visualiza una mayor proporción de reservas. En el mes de abril, para ambos tratamientos, el consumo de forraje comienza a tomar importancia, mostrando un aumento en la producción individual de leche, reflejando en el

tratamiento BC un cambio más marcado y más eficiente, llegando al mes de mayo a producir entorno a los 23 litros/VO/día consumiendo menos que el lote AP. Este último tiene un aumento en el consumo de pasto más progresivo, ya que en los meses de mayo y junio mantiene un turno de pastoreo, el componente pastura se encuentra en menor proporción, frente al BC que en junio llega a pastorear doble turno.

5.5. ESTADO CORPORAL Y PESO VIVO

En la tabla No. 16, se presentan los datos correspondientes al estado corporal y al peso vivo expresado por vaca y por hectárea para el período marzo-junio 2023.

Tabla 16

Estado corporal y peso vivo expresado por vaca y por hectárea para el período marzo-junio 2023

	Tratamientos		Significancia
	1,8 VO/ha PP	3,0 VO/ha PP	
PV/VO** (kg/VO)	504,81	504,98	Ns
PV/ha (kg/ha)	908,66	1514,94	*
CC/VO**	3,01	3,01	Ns

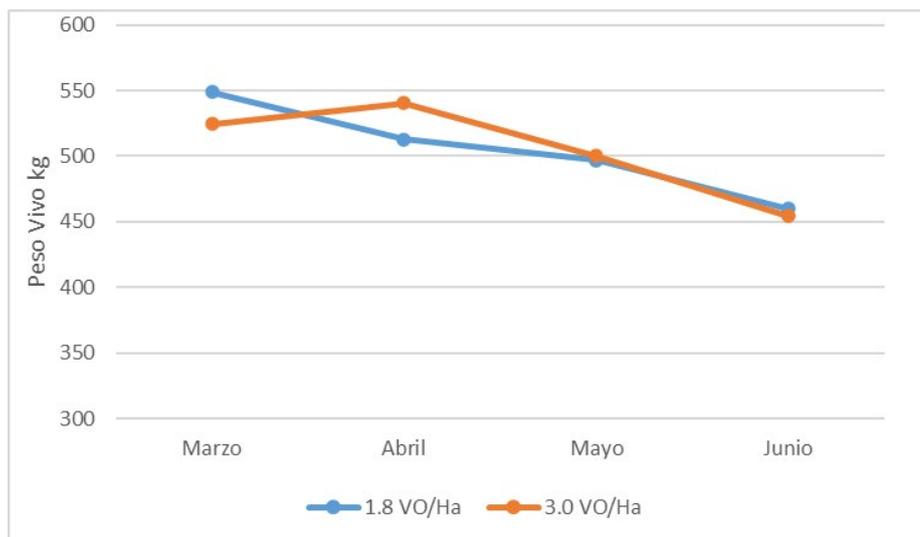
Nota. Referencias: significancia= *, $p < 0,05$; ** Las mediciones fueron realizadas una vez por mes.

Se puede observar que los pesos vivos en promedio por VO, no muestran diferencias para ambos tratamientos. Esto puede estar explicado por un lado porque los animales que conforman el experimento no presentan características morfológicas que los distinguan entre tratamientos. Además, durante el periodo de estudio no hubo diferencias drásticas en cuanto al manejo de los animales, dado el periodo de encierro que tuvieron, lo que podría llegar a marcar una diferencia debido a que los animales en pastoreo, realizan caminatas más largas, y pueden diferenciarse físicamente.

Cuando comparamos los dos sistemas en cuanto a peso vivo por hectárea, vemos que el de mayor carga supera de forma significativa al de menor carga, dado que posee más animales por unidad de superficie.

Figura 15

Evolución del peso vivo en kg, durante el periodo en estudio, según tratamiento



En la figura No. 15 queda reflejada la evolución del peso vivo individual de cada tratamiento según el manejo que se realizó en el correr de los meses; este tuvo una tendencia a la baja asociado a que comienza con un periodo de encierro en el cual la dieta está compuesta en gran proporción por concentrado, la explicación de esto era la baja disponibilidad de reserva forrajera y la nula de pasto, por lo tanto la decisión de manejo fue suministrar la máxima cantidad de concentrado posible sin sobrepasar los límites fisiológicos del animal que podrían llevar a problemas de acidosis. Todo esto, sumado a que los animales se encontraban encerrados y por lo tanto el gasto energético en actividad como lo es el pastoreo, se vio disminuido.

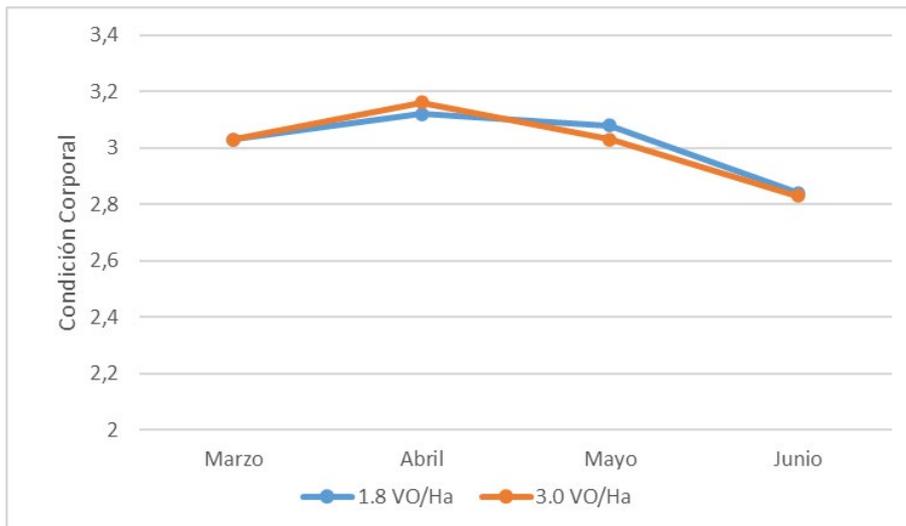
A medida que se fue teniendo acceso a la pastura, la actividad comenzó a incrementarse, y con esta el gasto energético, acompañando así a un decrecimiento en el peso vivo.

Un aspecto clave a tener en cuenta es el ciclo de producción de las vacas lecheras, que después del parto presentan el pico de producción, etapa donde se da una pérdida de peso vivo y estado corporal a consecuencia de la utilización de reservas corporales para la producción de leche, teniendo en cuenta que el consumo de MS no logra cubrir en ese momento todos los requerimientos (balance energético negativo), (García-Roche, 2017). Después de superado el pico de producción el consumo de MS es tal que logra progresivamente revertir esa situación y recomponer su estado corporal y peso.

Se puede observar que, durante el periodo en estudio, los animales en promedio perdieron aproximadamente 100 kg por animal.

Figura 16

Evolución de la condición corporal, durante el periodo en estudio, según tratamiento



Como se observa en la figura No. 16, la condición corporal no presentó diferencias significativas entre tratamientos durante el periodo estudiado. Tampoco se observó que la evolución del mismo presentara diferencias marcadas, en promedio se diferenciaron sólo medio punto de condición corporal, durante las cuatro mediciones realizadas.

Se utilizó una escala visual de 5 puntos (1 = Flaca, 5 = Gorda; Ferguson et al., 1994).

5.6. EFICIENCIA DE CONVERSIÓN

Tabla 17*Eficiencia de conversión de los alimentos en el período marzo-junio 2023*

	Tratamientos		
	1,8 VO/ha PP	3,0 VO/ha PP	25% sup PCC
Consumo (kg MS/VO/día)	18,45	18,34	18,31
Sólidos (kg VO/día)	1,91	1,85	1,64
Eficiencia de conversión (kg MS consumida/kg sólidos)	9,65	9,91	11,16
Concentrado (kg MS/VO/día)	7,17	8,4	6
Leche (VO/día)	20,41	21,42	21,22
Productividad (Lts/ha)	2663	5089	3055
g concentrado/litro de leche	351	392	283

En la tabla No. 17 se compararon indicadores de interés entre cada tratamiento y no se manifestaron diferencias entre ambos, lo que indica que el manejo y la dieta, si bien fueron diferentes para cada lote no fueron determinantes a la hora de comparar los indicadores.

Confrontando los resultados de eficiencia de conversión con los obtenidos en el 25% superior de Producción Competitiva promedio para otoño (M. Correa, comunicación personal, 2023), estos son menores lo que hace a los sistemas más eficientes teniendo en cuenta que para producir 1 kg de sólidos consume menos kg de MS. Esto es relevante a la hora de comparar nuestro sistema con competidores directos de la cadena como Nueva Zelanda, Argentina, Irlanda y Australia, la eficiencia de conversión es uno de los componentes que define la competitividad de los sistemas y su resiliencia ante escenarios adversos (Chilibroste, 2015).

Con respecto a los valores de productividad, podemos decir que para BC, el valor se aproxima al de PCC, considerando que el tratamiento evaluado posee una operativa simple. En cuanto a AP, el valor supera al de PCC observándose un claro efecto de la carga, siendo 3.0 VO/ha para el tratamiento evaluado y 1,6 VO/ha el promedio para PCC en otoño.

En relación a los gramos de concentrados consumido por kilogramo de leche producido por vaca ordeño, siendo estos 351 y 392 para BC y AP respectivamente, y 283 el valor que corresponde al 25 % superior de PCC, podemos concluir que los datos obtenidos para el experimento en otoño son superiores asociado a la alta utilización de concentrado en la dieta.

Tabla 18

Comparación de eficiencia de alimentación entre tratamientos y grupos de productividad

	ACP-1	ACP-2	ACP-3	ACS-1	ACS-2	ACS-3	1.8 VO/ha	3.0 VO/ha
Eficiencia de alimentación (kg Sólidos/ TT Ms consumida)	54,2	69,2	68,1	49,1	71,7	73,9	103,5	100,8

Nota. ACP: Alto consumo de pasto (3 niveles), ACS: Alto consumo de suplemento (3 niveles).

Pedemonte et al. (2022) compararon 6 estratos de productores en función de diferentes niveles de consumo de pasto y suplemento. En la tabla No. 18, en relación a la eficiencia de conversión de los alimentos en sólidos, se refleja que cuando la dieta presenta un alto consumo de pasto está en promedio es menor a cuanto predomina un alto consumo de suplemento. Comparando con los grupos de productividad de INALE, se observa que estos presentan valores de eficiencia inferiores a los obtenidos para este trabajo. Podría deberse a la cantidad de suplemento en la dieta, durante el periodo evaluado el porcentaje de suplemento para el tratamiento AP fue de 79% y para el BC 73%. Si bien los suplementos ocuparon una alta proporción de la dieta en gran parte del periodo, se debe tener en cuenta las condiciones al comienzo del mismo donde los animales permanecieron encerrados. Es por esto que, aunque supera incluso al grupo de ACS, este último tiene un consumo de suplemento de 60%. Cabe aclarar que el periodo de evaluación de INALE fue un año, y los resultados de este trabajo corresponden a 3 meses.

La mayor proporción de suplementos en la dieta deriva en un mayor consumo de energía, obteniendo así mayor producción de sólidos en la leche.

6. CONCLUSIONES

Las condiciones climáticas tuvieron un fuerte impacto, sobre todo en el manejo de los animales y las pasturas a nivel de producción de forraje al comienzo del periodo evaluado. Esto tuvo como consecuencia que ambos tratamientos, contarán con similar manejo durante los meses estudiados, llegando a obtener como resultado que tanto en la producción como la cosecha de forraje no se visualizan diferencias significativas.

Respecto al consumo de reserva y concentrados no se evidenciaron diferencias individualmente, pero si por hectárea, a pesar que la proporción que ocupaba cada uno de los alimentos en la dieta fue similar en términos porcentuales para cada tratamiento, debido al gran tiempo que permanecieron bajo encierro, por lo que el lote AP necesitó mayor cantidad de alimento para sostener los niveles productivos.

Para la producción individual de leche, no se evidenciaron diferencias entre sistemas, sin embargo, el lote BC mostró un cambio positivo más marcado a finales del otoño, debido a un mayor consumo de pasto ya que llegó a realizar doble turno de pastoreo. Para la producción de leche por hectárea se encontraron diferencias entre ambos sistemas, donde el impacto de la carga animal jugó un papel determinante en este aspecto.

Independientemente de la carga, la recomposición del forraje fue la prioridad, los niveles de producción individual son aceptables si los comparamos con PCC, el impacto de la carga empieza a ser importante en términos de productividad.

Este experimento dejó en evidencia que manejar el forraje con una operativa simple, es posible alcanzar valores de productividad similares a los de producción competitiva (25% superior).

Eventos climáticos ponen los sistemas intensivos a prueba y es importante empezar a caracterizar desde el punto de vista ambiental que ocurre con tanto tiempo el ganado encerrado.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguerre, M., Cajaraville, C., La Manna, A., Cavestany, D., Mendoza, A., Mattiauda, D., Carriquiry, M., Repetto, J. L., Meikle, A., & Chilbroste, P. (2017). *Estrategias de alimentación en 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.
- Barboza, N. (2022). Cadena láctea: Situación y perspectivas. En *Anuario OPYP 2022* (pp. 107-121). MGAP.
- Bargo, F., Muller, L. D., Delahoy, J. E., & Cassidy, T. W. (2002). Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. *Journal of Dairy Science*, 85(7), 1777-1792. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74252-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74252-5)
- Bargo, F., Muller, L. D., Kolver, E. S., & Delahoy, J. E. (2003). Invited review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *Journal of Dairy Science*, 86(1), 1-42. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73581-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73581-4)
- Bartaburu, D. (1991). Utilización de concentrados en ganado lechero. *Revista del Plan Agropecuario*, (55), 39-40.
- Bartaburu, D. (2001). *Aspectos sobre la suplementación con concentrados en vacas lecheras*. IPA. https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R96/R96_28.htm
- Baudracco, J., López-Villalobos, N., Holmes, C. W., & Macdonald, K. A. (2010). Effects of stocking rate, supplementation, genotype and their interactions on grazing dairy systems: A review. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 53(2), 109-133. <https://doi.org/10.1080/00288231003777665>
- Benítez, J., & Hernandorena, J. (2015). *Desempeño productivo, reproductivo y de salud de ubre de dos líneas genéticas de Holando uruguayo* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Britt, J. H., Cushman, R. A., Dechow, C. D., Dobson, H., Humblot, P., Hutjens, M. F., Jones, G. A., Ruegg, P. S., Sheldon, I. M., & Stevenson, J. S. (2018). Invited review: Learning from the future—A vision for dairy farms and cows in 2067. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3722-3741. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14025>

- Cajarville, C., Britos, A., Errandonea, N., Gutiérrez, L., Cozzolino, D., & Repetto, J. L. (2015). Diurnal changes in water-soluble carbohydrate concentration in lucerne and tall fescue in autumn and the effects on in vitro fermentation. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 58(3), 281-291. <https://doi.org/10.1080/00288233.2015.1018391>
- Carámbula, M. (2002). *Pasturas y forrajes: Vol. 1. Potenciales y alternativas para producir forraje*. Hemisferio Sur.
- Chamberlain, A., & Wilkinson, J. (1996). *Feeding the dairy cow*. Chalcombe.
- Chapman, D. F., Kenny, S. N., Beca, D., & Johnson, I. R. (2008). Pasture and forage crop systems for non-irrigated dairy farms in southern Australia: 2. Inter-annual variation in forage supply, and business risk. *Agricultural Systems*, 97(3), 126-138. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2008.02.002>
- Chataway, R. G., Walker, R. G., & Callow, M. N. (2010). Development of profitable milk production systems for northern Australia: A field assessment of the productivity of five potential farming systems using farmlets. *Animal Production Science*, 50(4), 246-264. <https://doi.org/10.1071/AN09124>
- Chilibroste, P. (2015). ¿Carga o productividad individual? ¿Pasto o concentrado?: Mitos y realidades en la intensificación de los sistemas de producción de leche en Uruguay. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Ed.), *XLIII Jornadas Uruguayas de Buiatría "Dr. Recaredo Ugarte"* (pp. 158-162).
- Chilibroste, P., & Battezzato, G. (2019). *Proyecto Producción Competitiva 2013-2018: Dinámica bio-económica de los sistemas de producción de leche*. Conaprole.
- Chilibroste, P., Gibb, M. J., Soca, P., & Mattiauda, D. (2015). Behavioural adaptation of grazing dairy cows to changes in feeding management: Do they follow a predictable pattern? *Animal Production Science*, 55(3), 328-338. <https://doi.org/10.1071/AN14484>
- Chilibroste, P., Gibb, M. J., & Tamminga, S. (2006). Pasture characteristics and animal performance. En J. Dijkstra, J. M. Forbes, & J. France (Eds.), *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism* (2nd ed., pp. 681-706). CABI.
- 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

- Conaprole fue reconocida por su sistema de alimentación de ganado a pasto. (2021, 3 de febrero). *El observador*.
<https://www.elobservador.com.uy/nota/conaprole-fue-reconocida-por-su-sistema-de-alimentacion-de-ganado-a-pasto-202123145151>
- Cooperativa Nacional de Productores de Leche. (2019). *Manejo de pasturas*.
<http://www.eleche.com.uy/files/cartilla-manejo-pasturas?es>
- Custodio, D. (2022). *Efectos del incremento de carga en variables bioeconomías en sistemas de producción de leche* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/35843/1/CustodioPradosDiego.pdf>
- Duran, H. (1992). Productividad y alternativas de rotaciones forrajeras para producción de leche. *Revista INIA*, (1), 189-204.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8847/1/15630031207144116.pdf>
- Fariña, S. R., Alford, A., García, S. C., & Fulkerson, W. J. (2013). An integrated assessment of business risk for pasture-based dairy farm systems intensification. *Agricultural Systems*, 115, 10-20.
<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.10.003>
- Fariña, S., & Chilbroste, P. (2019). Oportunidades y desafíos para el crecimiento de la producción de leche a pasto en Uruguay. *Revista INIA*, (57), 28-32.
- Fossatti, M., & Juanicotena, M. A. (2010). Producción de leche y coeficientes técnicos de rotaciones forrajeras. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Jornada Técnica de Lechería* (pp. 1-10).
- Fulkerson, W. J., & Donaghy, D. J. (2001). Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence – key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 41(2), 261-275.
<https://www.publish.csiro.au/an/EA00062>
- García-Roche, M. M. (2017). *Impacto del balance energético negativo sobre la función mitocondrial en el hígado bovino* [Tesis de maestría, Universidad de la República]. Colibri.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/19443/1/uy24-18739.pdf>
- González, H. V., & Magofke, J. C. (s.f.). *Comportamiento de diferentes líneas de ganado Holstein en sistemas de producción basados en pastoreo*. Universidad de Chile.

- Google Earth. (2024). [Sitio experimental del CRS, Canelones, Uruguay. Mapa]. Recuperado el 9 de abril de 2024. <https://earth.google.com/web/@-34.61549772,56.21426665,48.43234176a,2650.01842505d,30.00043501y,0.00014664h,0t,0r/data=OgMKATA>
- Gregorini, P. (2012). Diurnal grazing pattern: Its physiological basis and strategic management. *Animal Production Science*, 52(7), 416-430. <https://doi.org/10.1071/AN11250>
- Grigera, J., & Bargo, F. (2005). *Evaluación del estado corporal en vacas lecheras*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria_condicion_corporal/09-cc_lecheras.pdf
- 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 Investigación Agropecuaria. (2017). *Plan Estratégico 2016-2020: Visión 2030*. <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/PEI%202016-2020.pdf>
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2019). *Algunos criterios a considerar en el manejo de praderas*. INIA.
- Instituto Nacional de la Leche. (2014). *Encuesta Lechera 2014*. https://www.inale.org/wp-content/uploads/2019/12/EncuestaLechera_2014_-Producci%C3%B3n-de-leche.xlsx
- Instituto Nacional de la Leche. (s.f.). *Uruguay lechero*. <https://www.inale.org/uruguay-lechero/>
- Instituto Nacional de la Leche. (2019). *Encuesta Lechera 2019*. https://www.inale.org/wp-content/uploads/2021/06/Resultados-Preliminares-Encuesta-2019_v1.xlsx
- Irigoyen, A. (2009). Rol de las reservas forrajeras en los sistemas ganaderos. *Revista del Plan Agropecuario*, (130), 46-52.

- Irigoyen, A., Majó, E., & Chalkling, D. (2011). *Relevamiento nacional de reservas forrajeras y caracterización de su uso en establecimientos comerciales*. INIA.
- Leániz, J., & Voss, M. F. (2020). *Producción y reproducción de un rodeo multirracial sobre suelos de areniscas* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Leborgne, R. (2014). *Antecedentes técnicos y metodología para presupuestación en establecimientos lecheros* (2ª ed.). Hemisferio Sur.
- Lombardo, S. (2012). Asignación de forraje: ¿Cuánto pasto hay que ofrecer a los animales? *Revista del Plan Agropecuario*, (143), 32-35.
- 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. *Journal of Agricultural Science*, 61(2), 147-166.
<https://doi.org/10.1017/S002185960005888>
- Mieres, J., Assandri, L., & Cúneo, M. (2004). Tablas de valor nutritivo de alimentos. En J. M. Mieres (Ed.), *Guía para la alimentación de rumiantes* (pp. 13-68). INIA.
- Motta-Delgado, P. A., Ocaña, H. E., & Rojas-Vargas, E. P. (2019). Indicadores asociados a la sostenibilidad de pasturas. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(2), 387-408.
- National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle* (7th ed.) National Academy Press.
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2022). *Anuario estadístico agropecuario 2022*. MGAP.
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2023). *Anuario estadístico agropecuario 2023*. MGAP.
- 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., & Chilibróste, 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., Chilibróste, P., Garrido, J. M., Waller, A., Fariña, S., & Lattanzi, F. A. (2023). Monitoring herbage mass and pasture growth rate of large grazing

areas: A comparison of the correspondence, cost and reliability of indirect methods. *The Journal of Agricultural Science*, 161(4), 502-511.
<https://doi.org/10.1017/S0021859623000333>

Pedemonte, A., Giudice, G., & Artagaveytia, J. (2022). *Sistemas de producción de leche de Uruguay*. INALE.

Saravia, C., Astigarraga, L., Van Lier, E., & Bentancur, O. (2011). Impacto de las olas de calor en vacas lecheras en Salto (Uruguay). *Agrociencia (Uruguay)*, 15(1), 93-102.

Stirling, S. (2021). *Estrategias de intensificación para sistemas lecheros pastoriles en Uruguay: Análisis biofísico y del potencial impacto ambiental* [Disertación doctoral, Universidad de la República]. Colibri.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/34679/1/TD%20Stirling%20Sof%C3%ADa.pdf>

Tuñón, G., Fariña, S., & Restaino, E. (2018). Las 3 R: Recorrida, Rotación y Remanente. *Revista INIA*, (52), 3-7.

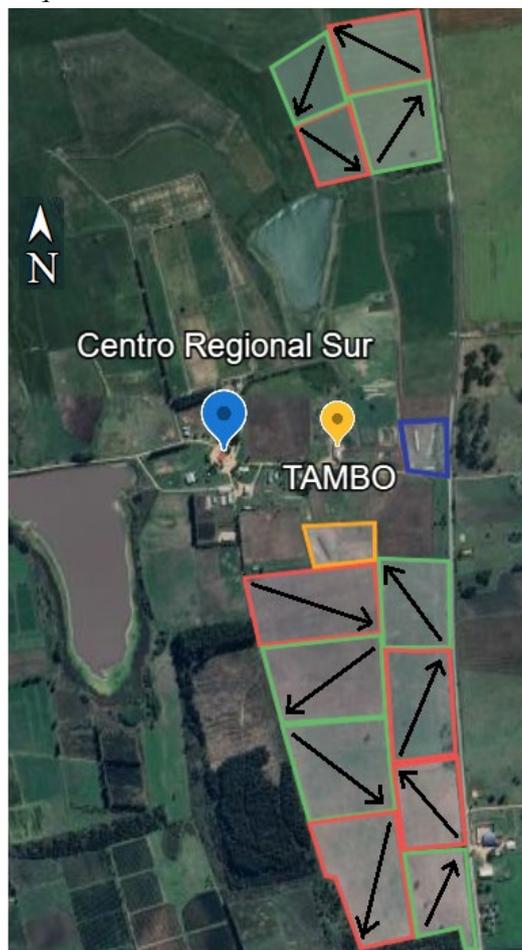
Urrutia, N., & Muñoz, C. (2020). *Producción de grasa láctea en sistemas lecheros pastoriles*. INIA.

Uruguay XXI. (2022). *Informe anual de comercio exterior*.
<https://www.uruguayxxi.gub.uy/es/centro-informacion/articulo/informe-anual-de-comercio-exterior-de-uruguay-2022/>

Viglizzo, E. (1981). *Dinámica de los sistemas pastoriles de producción lechera*. Hemisferio Sur.

Zibil, S., Zanoniani, R., Bentancur, O., Ernst, O., & Chilibroste, P. (2016). Control de intensidad de defoliación sobre la producción de forraje estacional y total en sistemas lecheros. *Agro Sur*, 44(2), 45-53.
<https://doi.org/10.4206/agrosur.2016.v44n2-06>

8. ANEXO

Anexo A*Esquema de transectas*

Nota. Elaborado con base en Google Earth (2024).

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Google Earth. (2024). [Sitio experimental del CRS, Canelones, Uruguay. Mapa]. Recuperado el 9 de abril de 2024. <https://earth.google.com/web/@-34.61549772,-56.21426665,48.43234176a,2650.01842505d,30.00043501y,0.00014664h,0t,0r/data=OgMKATA>

Anexo B*Pasturómetro C-Dax*