

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**PRODUCCIÓN DE LECHE Y SÓLIDOS DE VACAS MANEJADAS EN
SISTEMAS PASTORILES CON DISTINTA ÉPOCA DE PARTO**

por

Mauricio Gabriel BARIDON PONS

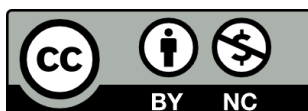
**Trabajo final de grado
presentado como uno de los
requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

MONTEVIDEO

URUGUAY

2025

Este Trabajo Final de Grado se distribuye bajo licencia
“Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial**”.



PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

Ing. Agr. (Dr.) Alejandro Mendoza

Tribunal:

Ing. Agr. (Dr.) Alejandro Mendoza

Ing. Agr. (Mag.) Gastón Ortega

Zoot. (Mag.) Gabriel Menegazzi

Fecha:

29 de agosto de 2025

Estudiante:

Mauricio Gabriel Baridon Pons

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer profundamente a mi familia por el impulso y el apoyo durante toda mi carrera. Su presencia ha sido fundamental para poder realizarla.

En segundo lugar, me gustaría agradecer a mis colegas de facultad que de una forma u otra han sido parte de esta gran etapa, en la cual han surgido muchas dudas y siempre estuvieron para buscar alguna respuesta y hacer de la facultad un gran espacio para compartir muchos momentos lindos.

También quiero agradecer a Alejandro Mendoza (tutor de tesis) quien siempre estuvo colaborando y respondiendo mis dudas y a Diego Ubios (Tesista de doctorado) quien también brindó un apoyo fundamental para llevar adelante este trabajo.

Finalmente, un gran agradecimiento a los compañeros del trabajo de campo, Mauricio, Mariano, Karen, Álvaro y El lobo, quienes permitieron hacer de esa pequeña etapa de mi carrera una etapa inolvidable y al personal del tambo de INIA que siempre estuvieron brindando su apoyo durante el trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN	3
AGRADECIMIENTOS	4
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS	7
RESUMEN	9
SUMMARY	10
1. INTRODUCCIÓN	11
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 LECHERÍA EN EL URUGUAY	12
2.1.1 El sector lácteo en Uruguay y su contexto	12
2.1.2 Los sistemas de producción de leche en Uruguay	15
2.2 LOS SISTEMAS PASTORILES DE PRODUCCIÓN DE LECHE	18
2.2.1 Definición de los sistemas de producción de leche	18
2.2.2 Momento y duración de la época de parto	19
2.2.3 Carga	20
2.2.4 Tipo de vaca	22
2.2.5 Suplementación	22
2.3 ÉPOCA DE PARTO	24
2.3.1 Implicancias teóricas y prácticas de la modificación de la época de parto.	24
2.3.1.1 Cambios en la performance reproductiva:	24
2.3.1.2 Cambios en la composición de la leche:	24
2.3.1.3 Modificación de la curva de lactancia:	25
2.3.2 Antecedentes de la modificación de la época de parto sobre el desempeño de los sistemas pastoriles	26
2.4 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DE TRABAJO	30
2.4.1 Objetivos específicos:	30
3. MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO, ANIMALES, Y TRATAMIENTOS	31
3.2 MANEJO DEL RODEO EXPERIMENTAL	34
3.3 MEDICIONES	34
3.4 MANEJO DE DATOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	36
4. RESULTADOS	37

4.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL AÑO 2023 Y 2024.....	37
4.1.1 Precipitación acumulada y temperatura.....	37
4.1.2 Índice de Temperatura y Humedad (ITH)	38
4.2 COMPOSICIÓN DE LA DIETA PARA CADA TRATAMIENTO DURANTE EL PERÍODO DE EVALUACIÓN.....	39
4.3 PRODUCCIÓN, COMPOSICIÓN DE LECHE Y CONDICIÓN CORPORAL.	43
5. DISCUSIÓN	50
5.1 CONSUMO DE ALIMENTO.....	50
5.2 PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE	51
5.2.1 Producción individual.....	51
5.2.2 Producción y concentración de grasa láctea	52
5.2.3 Producción y concentración de proteína láctea.....	54
5.3 CONDICIÓN CORPORAL	54
6. CONCLUSIONES	56
7. BIBLIOGRAFÍA	57

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1 <i>Comparación de los principales países productores de leche en el mercado internacional</i>	15
Tabla 2 <i>Evolución del número de establecimientos según estrato de superficie</i>	16
Tabla 3 <i>Caracterización de los sistemas de producción de leche de Uruguay</i>	17
Tabla 4 <i>Consumo de alimentos de los sistemas de producción de leche de Uruguay</i>	17
Tabla 5 <i>Producción de leche, consumo y producción de forraje para sistemas pastoriles neozelandeses con distinta carga</i>	21
Tabla 6 <i>Comparación de sistemas lecheros nacionales con distinta carga sobre la plataforma de pastoreo vaca ordeño</i>	22
Tabla 7 <i>Cantidad de partos según mes para cada tratamiento</i>	32
Tabla 8 <i>Temperatura promedio y cantidad de días con ITH superior a los umbrales de estrés térmico</i>	39
Tabla 9 <i>Consumo de materia seca (CMS) y proporción de cada componente de la dieta</i>	42
Tabla 10 <i>Resultados promedio de análisis de composición química de pasturas</i>	42
Tabla 11 <i>Resultados promedio de análisis de composición química de Ensilaje de Maíz</i>	43
Tabla 12 <i>Resultados de producción de leche</i>	43
Tabla 13 <i>Resultados de producción de sólidos y composición de la leche</i>	45
Tabla 14 <i>Resultados de condición corporal</i>	48
Figura 1 <i>Productores con lechería comercial por Sección Policial para el año agrícola 2020-2021</i>	12
Figura 2 <i>Producción de leche, número de productores y superficie destinada a la lechería</i>	13
Figura 3 <i>Evolución del costo de producción, precio al productor y precio industria</i>	14
Figura 4 <i>Número de partos y servicios según mes para el período 2012 – 2021</i>	18
Figura 5 <i>Estación experimental INIA La Estanzuela</i>	31
Figura 6 <i>Esquema detallado de la rotación forrajera correspondiente a cada tratamiento</i>	33
Figura 7 <i>Croquis ilustrativo del área experimental</i>	33
Figura 8 <i>Temperatura y precipitación</i>	37
Figura 9 <i>Índice de temperatura y humedad</i>	38

Figura 10 <i>Tratamiento Otoño: Consumo y composición de la dieta</i>	40
Figura 11 <i>Tratamiento Invierno: Consumo y composición de la dieta</i>	40
Figura 12 <i>Tratamiento extendido: Consumo y composición de la dieta</i>	41
Figura 13 <i>Producción individual de leche según tratamiento</i>	44
Figura 14 <i>Leche corregida por energía y proteína según tratamiento</i>	45
Figura 15 <i>Producción de grasa según tratamiento</i>	46
Figura 16 <i>Porcentaje de grasa según tratamiento</i>	46
Figura 17 <i>Producción de proteína según tratamiento</i>	47
Figura 18 <i>Porcentaje de proteína según tratamiento</i>	48
Figura 19 <i>Evolución de la condición corporal según tratamiento durante la lactancia</i>	49

RESUMEN

El presente estudio analiza el efecto de la época de parto sobre la producción y composición de la leche en vacas manejadas en sistemas pastoriles en Uruguay. El experimento se realizó en la Estación Experimental INIA La Estanzuela con 60 vacas Holstein de origen neozelandés, distribuidas aleatoriamente entre los tratamientos. Se compararon tres tratamientos de 20 vacas cada uno: partos concentrados en otoño (OTO), partos concentrados en invierno (INV) y un período extendido de partos (EXT) que abarca ambas estaciones. Se registraron variables productivas, nutricionales y climáticas, utilizando tecnologías de medición automatizada, análisis composicional de leche y evaluación del manejo forrajero. Se planteó la hipótesis de que la producción individual de leche y sólidos es similar en vacas con partos de invierno y otoño, y superior a la alcanzada por vacas con partos extendidos en otoño e invierno. Desde el punto de vista metodológico, se empleó un diseño completamente al azar, evaluando las variables mediante análisis estadísticos adecuados para comparar los tratamientos. Los resultados mostraron que la producción individual de leche no difirió significativamente entre tratamientos, aunque la curva de lactancia de INV tuvo una caída más abrupta tras el pico de producción. La composición de la leche para OTO evidenció mayores concentraciones de grasa y proteína (4 y 6% respectivamente) en comparación con INV y EXT. La condición corporal en promedio fue 0,12 unidades superior en OTO y EXT respecto a INV, lo que podría estar relacionado con diferencias en la oferta forrajera y el impacto del clima. El estudio también reveló diferencias en la disponibilidad de forraje y el uso de suplementos entre tratamientos. INV se benefició de una mayor participación de pastura en la dieta (57%) en la etapa media de lactancia, mientras que OTO y EXT requirieron mayores aportes de reservas (33% y 16% respectivamente) y concentrados (32,8% y 31,6%). Las condiciones climáticas influyeron en la respuesta productiva, especialmente en EXT, que experimentó más días con estrés térmico elevado. En la discusión, se interpretan los resultados teniendo en cuenta estudios previos, analizando las implicancias de la época de parto en la eficiencia productiva y en la gestión de los recursos forrajeros en sistemas pastoriles. Este estudio aporta información para la planificación de la época de partos en sistemas lecheros pastoriles, destacando que los partos concentrados en otoño podrían mejorar la composición de la leche sin afectar la producción individual y resaltando la importancia de continuar investigando estrategias de optimización en sistemas pastoriles para las condiciones de Uruguay.

Palabras clave: época de parto, producción de leche, composición de leche, vacas Holstein, Uruguay

SUMMARY

This study analyzes the effect of calving season on milk production and composition in cows managed in pasture-based systems in Uruguay. The experiment was conducted at the INIA La Estanzuela Experimental Station with 60 New Zealand–origin Holstein cows, randomly assigned to three treatments of 20 cows each: autumn-concentrated calving (OTO), winter-concentrated calving (INV), and an extended calving period (EXT) covering both seasons. Productive, nutritional, and climatic variables were recorded using automated measurement technologies, milk compositional analysis, and forage management evaluation. The hypothesis proposed that individual milk and solids production would be similar in cows calving in winter and autumn, and higher than that of cows with an extended calving period in autumn and winter. Methodologically, a completely randomized design was employed, with appropriate statistical analyses to compare treatments. Results showed that individual milk production did not differ significantly among treatments, although the INV lactation curve exhibited a sharper decline after peak production. Milk composition in OTO revealed higher fat and protein concentrations (4% and 6% higher, respectively) compared to INV and EXT. Average body condition was 0.12 units higher in OTO and EXT relative to INV, which could be related to differences in forage supply and climatic impact. The study also revealed differences in forage availability and supplement use among treatments. INV benefited from a higher share of fresh pasture in the diet (57%) during mid-lactation, whereas OTO and EXT required greater contributions from silage (33% and 16%, respectively) and concentrates (32.8% and 31.6%). Climatic conditions influenced productive responses, particularly in EXT, which experienced more days of elevated heat stress. In the discussion, the results are interpreted in light of previous studies, analyzing the implications of calving season on productive efficiency and forage resource management in pasture-based systems. This study provides valuable insights for planning calving seasons in pasture-based dairy systems, highlighting that autumn-concentrated calving may improve milk composition without affecting individual production, and emphasizing the importance of further research to optimize these systems under Uruguayan conditions.

Keywords: calving season, milk production, milk composition, Holstein cows, Uruguay

1. INTRODUCCIÓN

La lechería en Uruguay ha experimentado profundas transformaciones en las últimas décadas, caracterizadas por un notable incremento en la producción total de leche, acompañado de una reducción en el número de tambos y en la superficie dedicada a esta actividad. Estos cambios han dado lugar a una concentración de la producción en establecimientos de mayor tamaño y a la adopción de estrategias de manejo más sofisticadas, con el objetivo de optimizar tanto la eficiencia productiva como la rentabilidad de los sistemas lecheros pastoriles.

En la última década, diversos estudios han buscado identificar sistemas pastoriles más eficientes y rentables para la producción lechera en Uruguay. Stirling et al. (2021) evaluaron estrategias de intensificación en sistemas pastoriles del sur de América Latina, comparando distintos genotipos de vacas Holando y estrategias de alimentación para maximizar la producción de leche por hectárea. Posteriormente, Méndez et al. (2023) analizaron el desempeño de vacas lecheras en diferentes esquemas de alimentación y manejo, destacando la importancia de adaptar las estrategias a las condiciones climáticas y a la infraestructura disponible en los sistemas productivos del país. Más recientemente, Ortega et al. (2024) estudiaron el impacto de la carga animal, la altura residual del pastoreo y la suplementación forrajera sobre la eficiencia del uso del forraje y la producción de leche, resaltando la interacción entre estos factores en la productividad de los sistemas pastoriles. En conjunto, estos estudios han contribuido a la generación de información clave para optimizar los sistemas lecheros pastoriles en Uruguay, abordando aspectos como la carga animal, la genética y la estrategia de alimentación.

En este contexto, la época de parto constituye un componente fundamental del manejo de los rodeos lecheros, ya que influye directamente en la sincronización entre la curva de crecimiento del forraje y los requerimientos nutricionales de las vacas en lactancia. Estudios internacionales han evidenciado que la modificación de la época de parto puede repercutir en la forma de la curva de lactancia, en la composición de la leche y en la condición corporal de las vacas, aspectos fundamentales para la optimización del rendimiento productivo (García & Holmes, 2001). Sin embargo, las particularidades climáticas y productivas de Uruguay, donde los veranos se caracterizan por temperaturas elevadas que pueden afectar la calidad de las pasturas y generar estrés calórico en el ganado, exigen una evaluación específica de estas estrategias en el contexto local (Fariña & Chilibróste, 2019).

Teniendo en cuenta que dicha evaluación no ha sido abordada en nuestro país, el presente trabajo tiene como objetivo principal estudiar el efecto de la época de parto y la duración de dicho período sobre el desempeño individual de vacas lecheras manejadas en sistemas pastoriles en Uruguay. La hipótesis de este trabajo es que la producción individual de leche y sólidos será similar en vacas con partos de invierno y otoño, y superior a la alcanzada por vacas con partos extendidos en otoño e invierno. Se busca generar información que permita optimizar la planificación del sistema productivo y contribuir al diseño de estrategias de manejo adaptadas a las condiciones del país.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

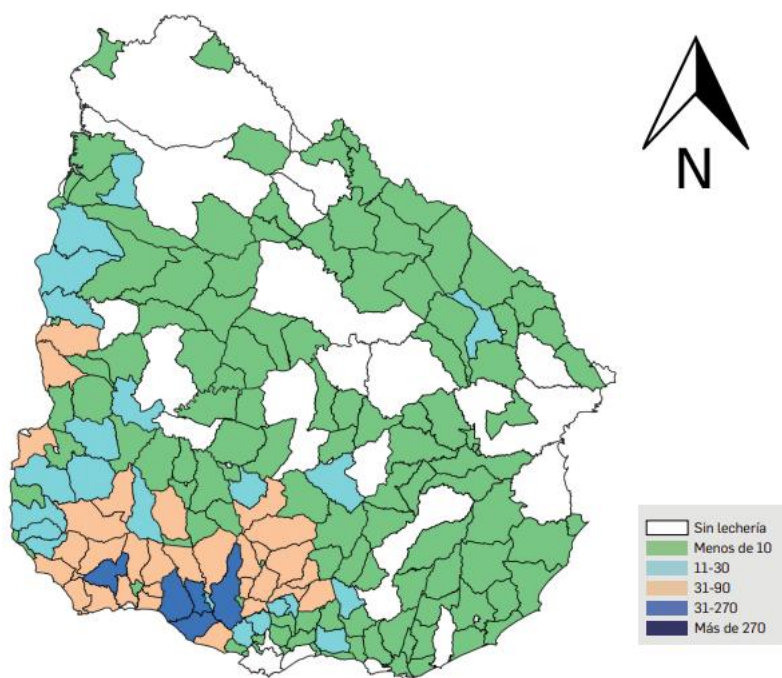
2.1 LECHERÍA EN EL URUGUAY

2.1.1 El sector lácteo en Uruguay y su contexto

En base a las estadísticas del sector lácteo para el año 2020, la lechería en Uruguay, si bien se desarrolla en todos los departamentos, se concentra en la región sur y sur oeste del país, abarcando los departamentos de San José, Colonia, Florida y Canelones, donde según los datos de la Oficina de Estadísticas Agropecuarias (DIEA, 2021) se encuentran el 72% de los productores y el 63,8% del área destinada a la lechería.

Figura 1

Productores con lechería comercial por Sección Policial para el año agrícola 2020-2021

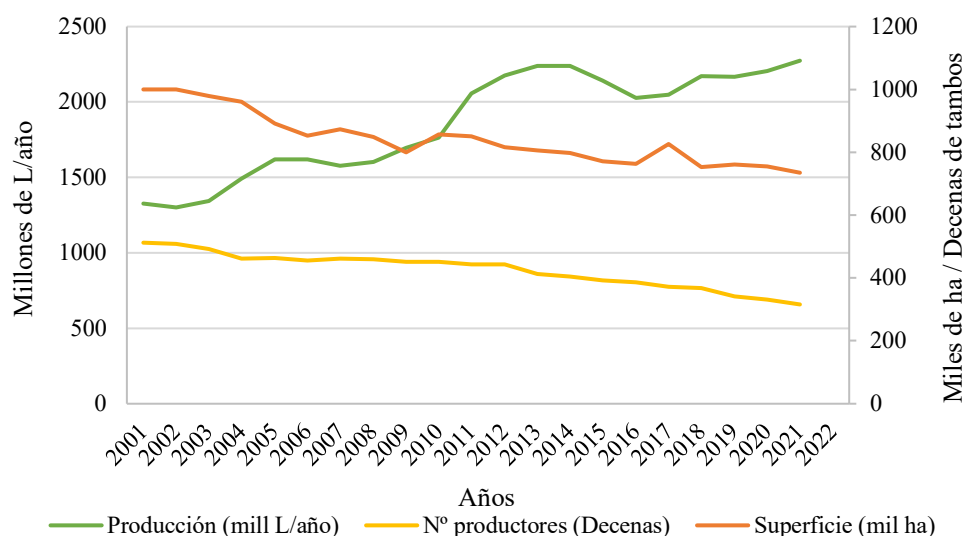


Nota. Tomado de DIEA (2022).

Según muestran los datos de DIEA (2011, 2022), el sector ha atravesado grandes cambios en relación a su estructura productiva a lo largo de los años. En el ejercicio 2001/2002 se registró una producción total de 1.301 millones de litros, con un total de 5.081 tambos, en una superficie de 1 millón de hectáreas. En el ejercicio 2020/2021, el sector alcanzó una producción de 2.274 millones de litros, con un total de 3.159 tambos, en una superficie de 735 mil hectáreas. Si bien desde el ejercicio 2013/2014 hasta el ejercicio 2020/2021 el sector no ha mostrado grandes cambios, si se observa el período completo 2001 a 2021, la lechería ha aumentado la producción en un 75%, con un 38% menos de tambos y un 26,5% menos de superficie.

Figura 2

Producción de leche, número de productores y superficie destinada a la lechería



Nota. Elaborado con base en DIEA (2011, 2017, 2018, 2020, 2021, 2022).

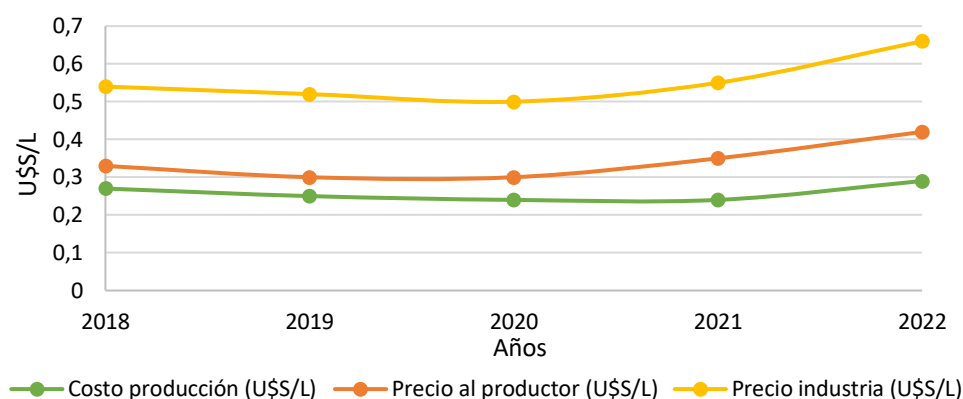
Esto demuestra que durante este período ocurrió un aumento de la productividad del sector, ya que de acuerdo con el gráfico anterior la producción por ha pasó de 1329L/ha Superficie Pastoreo Lechero (SPL) en el ejercicio 2001/2002 a 3094L/ha SPL en el ejercicio 2020/2021 (DIEA, 2011, 2022). A su vez, este aumento estuvo explicado tanto por un aumento en la producción individual, que pasó de 2980 L/VM/año en el ejercicio 2001/2002 a 5383 L/VM/año en el ejercicio 2020/2021 (DIEA, 2011, 2022), como por un aumento en la carga, que pasó de 0,45VM/ha SPL a 0,57VM/ha SPL (DIEA, 2011, 2022) entre los ejercicios citados. Coadyuvando a explicar estos resultados se observa una mejora en la eficiencia reproductiva del rodeo lechero, evidenciada en el indicador VO/VM, que pasó de 0,62 a 0,75 entre los ejercicios 2001/2002 y 2020/2021 (DIEA, 2011, 2022)

En base a datos de Bagnato (2010) y Pedemonte et al. (2022), del Instituto Nacional de la Leche (INALE), el 83% de la leche producida se remite a la industria y el destino de esta leche para el período 2010 – 2022, fue un 30% para el mercado interno y un 70% para el mercado externo, con pequeñas variaciones entre años. Esto da la idea de la importancia del mercado externo para la lechería uruguaya, y “queda progresivamente expuesta a las particularidades del comercio internacional de los commodities, como son las restricciones de acceso a mercados, las variaciones y, en el largo plazo, la tendencia a la baja de sus precios” (Hernández, 2011, p. 56). A ello, se suma la pequeña escala del país en el contexto mundial, donde participó en el año 2020-2021 con el 1,7% del volumen total exportado en el mercado internacional (Food and Agriculture Organization [FAO], 2023), determinando que la industria opere como neta tomadora de precios (Hernández, 2011). En la figura 3 se presenta para los últimos 5 años, el costo de producción, el precio al productor y el precio recibido por la industria, según los datos

reportados de INALE (Pedemonte & Peri, 2023; Pedemonte & Vázquez, 2019, 2020; Pedemonte et al., 2021, 2022).

Figura 3

Evolución del costo de producción, precio al productor y precio industria



Nota. Elaborado con base en Pedemonte y Vázquez (2019, 2020), Pedemonte et al. (2021, 2022) y Pedemonte y Peri (2023).

En un trabajo de Fariña y Chilibrste (2019) cuyo objetivo fue analizar a nivel de sistema las oportunidades y cambios para el crecimiento de los sistemas lecheros pastoriles de Uruguay, mencionan que, gracias al mantenimiento de un bajo costo de producción, el crecimiento del sector lácteo en los últimos 30 años ha sido competitivo. A pesar de ello, los autores plantean que en los últimos años los sistemas productivos han aumentado el costo de producción, encontrándose, aún, por debajo de los competidores internacionales.

En ese mismo trabajo, Fariña y Chilibrste (2019) realizan una comparación de los sistemas lecheros de los países exportadores netos entre 2013 y 2017, tomando la base de datos del International Farm Comparison Network (IFCN) que recopila información de las regiones productoras de leche a nivel mundial. Los países seleccionados y las regiones correspondientes fueron: Argentina (Región de Santa Fe y Córdoba), Australia (región de Gippsland), Estados Unidos (región de California), Holanda (promedio nacional), Irlanda (promedio nacional), Nueva Zelanda (región de Waikato) y Uruguay (promedio nacional).

Tabla 1

Comparación de los principales países productores de leche en el mercado internacional

País	Productividad (kg de leche/ha/año)	Producción individual (kg de leche/vaca/año)	Carga (vacas/ha)	Costo de producción (US\$/100kg de leche)
Estados Unidos	57965	10184	5,69	33,8
Holanda	15619	8797	1,79	54,3
Nueva Zelanda	14609	5244	2,79	34,3
Australia	11184	6569	1,72	33,2
Irlanda	6638	5408	1,24	45,2
Argentina	4107	4951	0,77	31,5
Uruguay	3972	5842	0,69	30,7

Nota. Adaptado de Fariña y Chilibróste (2019).

Como se muestra en la tabla 1, los altos niveles de productividad de Estados Unidos y Holanda se explican por la alta producción individual, mientras que los niveles de productividad de Nueva Zelanda y Australia se explican por la alta carga y producciones individuales intermedias. Por su parte, la baja productividad de los sistemas de Irlanda, Argentina y Uruguay, se explican, en parte importante, por la baja carga y no tanto por la producción individual, las cuales son similares a las de los países de Oceanía (Fariña & Chilibróste, 2019).

Otro factor que también explica la baja productividad de Irlanda, Argentina y Uruguay, según Fariña y Chilibróste (2019), es el consumo promedio de forraje producido en el propio establecimiento por hectárea, indicador que fue más de dos veces mayor en los países de alta productividad respecto a los países de baja productividad. Estados Unidos, Holanda, Nueva Zelanda y Australia tuvieron un consumo de forraje cultivado en el propio establecimiento de 14.311, 10.679, 10.886 y 10.138 kg MS/ha/año respectivamente, mientras que el consumo de Irlanda, Argentina y Uruguay fue de 4.277, 5.268 y 4.230 kg MS/ha/año respectivamente (Fariña & Chilibróste, 2019).

2.1.2 Los sistemas de producción de leche en Uruguay

De acuerdo a las estadísticas de DIEA (2022) e INALE (Pedemonte et al., 2022), surge que en Uruguay existe una gran diversidad de establecimientos lecheros en cuanto a tamaño, estrategias de producción y nivel de productividad e intensificación. Tomando como base los datos de DIEA (2022), para el ejercicio 2020/2021 la mayor proporción de los establecimientos se encuentra en los estratos de superficie de menos de 50 ha y de 50 a 199 ha, mientras que la menor proporción de establecimientos se encuentra en los estratos de 200 a 499 ha y más de 500 ha. En la tabla 2 se presenta el número de

establecimientos según estrato de superficie, para los ejercicios 2013/2014 y 2020/2021 con el objetivo de mostrar la evolución del rubro.

Tabla 2

Evolución del número de establecimientos según estrato de superficie

Ejercicio	2013/14		2020/21	
Nº Establecimientos	4053		3159	
Estratos de superficie (ha)	Nº establecimientos	% del total	Nº establecimientos	% del total
Menor a 50	1226	30,2	714	22,6
50 a 199	1885	46,5	1542	48,8
200 a 499	607	15,0	584	18,5
Mayor a 500	335	8,3	319	10,1

Nota. Elaborado con base en DIEA (2022).

Analizando este descenso según estrato de superficie, cabe destacar que la mayor caída se da en el estrato de establecimientos menores a 50 ha, seguido del estrato de establecimientos entre 50 y 199 ha, lo cual genera una concentración de la producción en establecimientos de mayor tamaño.

En relación a las estrategias de producción, nivel de productividad e intensificación, INALE en base a la encuesta lechera del año 2019, identificó dos estrategias diferentes, una que se basa en el consumo de pasto y otra en el consumo de suplementos. A su vez, dentro de cada estrategia, existen tres niveles de intensificación, con diferencias en indicadores físicos y productivos de los sistemas (Pedemonte et al., 2022). La estrategia de alto consumo de pasto (ACP) es aquella en la cual el consumo de pasto representó más del 60% del consumo de MS por ha VM. Por su parte, la estrategia de alto consumo de suplemento (ACS), es aquella en la cual el pasto representó menos del 60% del consumo de MS por ha VM. Dentro de cada estrategia hay tres tipos, ACP-1, ACP-2, ACP-3, ACS-1, ACS-2 y ACS-3 donde los números se relacionan a la intensificación productiva medida en productividad por ha VM ordenada en forma creciente (Pedemonte et al., 2022). En las tablas 3 y 4 se presentan algunos de los resultados de dicho trabajo, con el fin de poner de manifiesto los diferentes tipos de establecimientos lecheros del Uruguay.

Tabla 3*Caracterización de los sistemas de producción de leche de Uruguay*

Estrategia y nivel de intensificación	Productividad (L/ha VM)	Producción individual (L/VM/año)	Carga (VM/ha VM)	Costo (US\$/L)	Establecimientos representados
ACP-1	4.544	4.001	1,18	0,24	547
ACP-2	7.266	5.879	1,26	0,21	373
ACP-3	11.401	5.473	2,12	0,22	87
ACS-1	2.488	3.465	0,75	0,30	561
ACS-2	4.992	6.148	0,82	0,25	406
ACS-3	12.881	6.250	2,07	0,21	47

Nota. Elaborado con base en INALE (Pedemonte et al., 2022).**Tabla 4***Consumo de alimentos de los sistemas de producción de leche de Uruguay*

Estrategia y nivel de intensificación	Consumo de concentrados Kg MS/ha VM	Consumo de reservas Kg MS/ha VM	Consumo de pasto Kg MS/ha VM
ACP-1	958	1.040	4.060
ACP-2	1.558	1.427	4.589
ACP-3	2.266	1.472	8.355
ACS-1	640	966	2.091
ACS-2	1.150	1.321	2.557
ACS-3	3.625	4.049	4.987

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

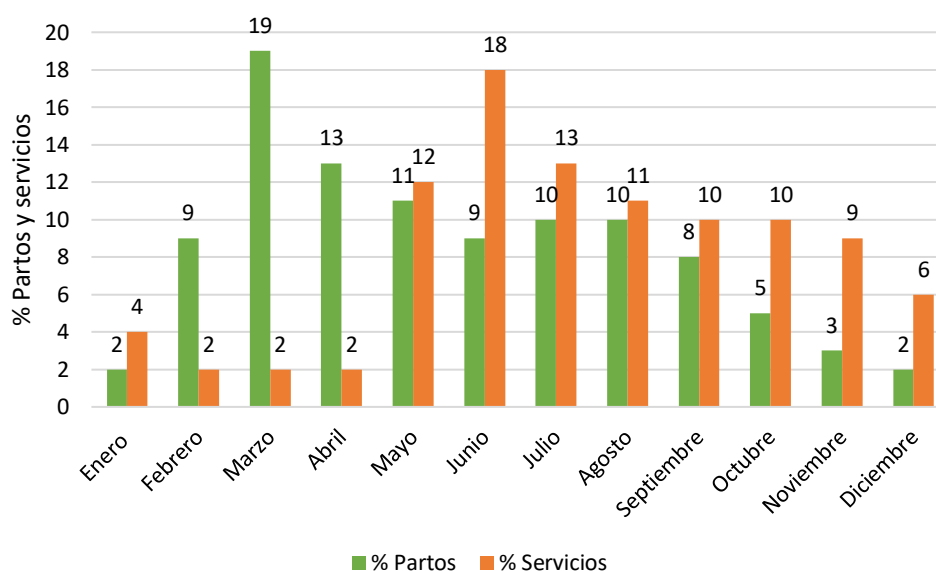
Fariña y Chilibraste (2019) realizaron una descripción de los sistemas lecheros de Uruguay tomando como base de datos el “Programa de Producción Competitiva” (PPC) de la Cooperativa Nacional de Productores de Leche (CONAPROLE). La productividad media fue de 8831 ± 266 L/ha de plataforma de pastoreo y $624 \pm 15,2$ kg de sólidos lácteos por hectárea (MS; grasa de leche + proteína cruda de leche) de plataforma de pastoreo (área total del establecimiento donde potencialmente puede pastorear el rodeo lechero). Esta productividad se alcanzó con una carga animal de $1,15 \pm 0,03$ VO/ha de plataforma de pastoreo. Anualmente, la alimentación de los rodeos lecheros comprendía forraje de pastoreo directo por las vacas en ordeño (3944 ± 358 kg MS/ha VM), cultivos y forrajes cosechados mecánicamente ($1367 \pm 87,4$ kg MS/ha VM) y concentrados (1831 ± 126 kg MS/ha VM). Es de destacar que más del 75% de la dieta era forraje cultivado en el propio establecimiento y solo el 25% del consumo de materia seca era alimento

comprado (Fariña & Chilbroste, 2019). Los mismos autores también mencionan, que según la base de datos de PPC (de 2013 a 2017; $n = 256$), los partos ocurrieron todos los meses, aunque se concentraron en otoño e invierno con un 65 % de marzo a septiembre.

Para un período más extenso, 2012 -2021, en un informe del instituto nacional para el control y mejoramiento lechero que utilizó una base de datos conformada por 924.984 partos, se reporta que estos ocurren en todos los meses del año, pero la concentración de partos para el período marzo – setiembre, es mayor, alcanzando el 80% de los partos (F. Sotelo, comunicación personal, 12 de junio, 2023). En la figura 4 se presentan los porcentajes de partos y servicios mensuales de dicho informe.

Figura 4

Número de partos y servicios según mes para el período 2012 – 2021



Nota. Elaborado con base en F. Sotelo (comunicación personal, 12 de junio, 2023).

2.2 LOS SISTEMAS PASTORILES DE PRODUCCIÓN DE LECHE

2.2.1 Definición de los sistemas de producción de leche

Los sistemas de producción lechera basados en el pastoreo se definen ampliamente como sistemas de uso de la tierra y manejo de alimentos que optimizan el consumo de forrajes cosechados directamente por las vacas en pastoreo (National Resources Conservation Service, 2007). Según Macdonald (2014) en todo el mundo hay un interés creciente en los sistemas pastoriles de producción de leche, principalmente como resultado de la volatilidad esperada de los precios de la leche y los rendimientos en muchos países debido a: a) la eliminación propuesta de subsidios en Europa, b) los costos asociados a los sistemas estabulados, como la mano de obra y la alimentación con una ración totalmente mezclada (TMR), y c) las preocupaciones ambientales y de bienestar animal percibidas y asociadas con la producción lechera intensiva.

A pesar de la creciente importancia de los sistemas pastoriles de producción de leche, según Sheath y Clark (1996, como se cita en García, 2002) los sistemas de producción de leche deben surgir como resultado de los objetivos económicos y personales del productor. Como plantea García (2002), de estos objetivos surge la necesidad de una determinada producción física y, al contar con esta información, pueden estudiarse diferentes sistemas con el objetivo de evaluar cuál de ellos permite/n alcanzar esta producción y, en consecuencia, los objetivos del productor.

Con lo anterior, García (2002) menciona que el proceso de definición del sistema de producción, comienza luego de esclarecer los objetivos del productor, y que involucra decisiones a varios niveles: 1) tipo de sistema; 2) concentración de partos; 3) época de partos; 4) carga animal; 5) tipo de vaca; 6) recursos forrajeros, alimentación y manejo del pastoreo. A continuación, se presenta información relacionada a los niveles mencionados anteriormente para sistemas lecheros pastoriles.

2.2.2 Momento y duración de la época de parto

La época de parto constituye uno de los primeros niveles de definición del sistema. García (2002) plantea que, para los sistemas pastoriles, es fundamental lograr la mejor sincronización posible entre la curva de oferta de forraje fresco y la curva de requerimientos nutricionales del rodeo. Teniendo en cuenta esto, los partos de fin de invierno (en climas templados con precipitaciones durante todo el año) son los que logran la mejor sincronización de ambas curvas, y como plantea García (2002), maximizan, de esta manera, la conversión de pasto a leche.

En Nueva Zelanda, los sistemas lecheros pastoriles han evolucionado para capturar el crecimiento estacional de los pastos mediante la adopción de un período de parto compacto en primavera, antes del aumento del crecimiento primaveral de los pastos, en un esfuerzo por igualar la oferta de pastos y la demanda del rebaño (Macdonald, 2014). Lo anterior concuerda con Holmes et al. (1987, como se cita en García & Holmes, 1999), quienes plantean que la mayoría de los establecimientos de producción de leche de Nueva Zelanda, concentran los partos a fines de invierno e inicio de primavera. Los escasos estudios que han abordado el efecto de la modificación de la época de parto se desarrollarán más adelante. No obstante, se mencionan a continuación algunas ventajas y desventajas generales de modificar este componente de los sistemas.

En relación a los sistemas con parición otoñal, García y Holmes (1999), mencionan como ventajas que las vacas alcanzan más días en leche (la lactancia tiene mayor persistencia), pudiendo tener un rendimiento en leche anual mayor, con una mayor producción de sólidos respecto a vacas paridas en primavera. Como desventajas de estos sistemas, los autores mencionan que se requiere una estrategia de alimentación diferente, con suministro de suplementos durante la lactancia temprana, ya que el aporte de las pasturas no es suficiente para cubrir los altos requerimientos del rodeo en ese momento del año y que las vacas alcanzan un pico de producción relativamente menor al pico alcanzado por las vacas que paren en primavera.

Son escasos los estudios en relación a la conveniencia o no de la compactación de partos y como afecta la duración de la época de parto a los resultados de los sistemas pastoriles de producción de leche en climas templados. Mulkerrins et al. (2022), en un trabajo en el cual se estudió de forma cualitativa la implementación de la compactación de partos en sistemas lecheros pastoriles de Irlanda, utilizando como indicador la proporción de partos en las primeras 6 semanas de la época de parición (PP6 semanas), plantea una serie de ventajas y desventajas generales, en relación a la compactación de partos. Al compactar los partos, se obtiene como ventajas, un sistema estructurado en el cual se simplifican las tareas, aporta rentabilidad y ganancia monetaria a los productores (rodeo que alcanza más días en leche y en consecuencia permite un flujo de fondos mejorado), y a su vez contribuye al tiempo libre y tiempo en familia. Los conocimientos de Nueva Zelanda y Australia sugieren que hay beneficios en lo que respecta a la eficiencia del tiempo y la mano de obra, debido a que se dedica menos tiempo a alimentar a las vacas secas, a observar las vacas en busca de problemas de parto, así como al ahorro de tiempo gracias a la racionalización de la cría de terneros y el manejo de las vaquillonas (Mulkerrins et al., 2022). No obstante, presenta complejidades y desafíos en relación a una alta carga de trabajo en época de parición y servicios, con un gran número de crías en un período corto de tiempo.

Dado que la época y duración de los partos son el objeto de estudio del presente trabajo, en la sección 2.3 se profundiza sobre esta temática en términos del impacto que tiene la misma sobre el desempeño de los sistemas pastoriles de producción de leche.

2.2.3 Carga

La carga animal de un sistema según Macdonald et al. (2008) se define como el número de animales asignados por unidad de superficie (vacas/ha), y ha sido reconocida como el principal impulsor de la producción de leche por hectárea y la rentabilidad en los sistemas lecheros pastoriles. Según Comeron (2007), el nivel de productividad (L/ha) de los sistemas lecheros pastoriles, depende de la carga animal, la producción individual y de la eficiencia reproductiva.

García (2002) menciona que, para lograr una producción de leche de bajo costo, el sistema de producción no debe incurrir en altos costos de alimentación por kg de sólido (grasa + proteína), lo que puede lograrse con sistemas que tengan alta carga y producciones por vaca moderadas. El autor plantea que esto se debe a que cargas más altas permiten alcanzar una mayor utilización del pasto producido en el propio establecimiento, de manera que se reduce el costo de producción de la pastura y del litro de leche. Según Gallardo y Valtorta (2007), los sistemas de producción de leche de Nueva Zelanda se caracterizan por ser pastoriles con alta carga (en el entorno de 2,5 vacas/ha) y otros sistemas como los de Irlanda y Australia se caracterizan por tener una carga animal intermedia con utilización de suplementos.

En un estudio de 3 años realizado por Macdonald et al. (2008) en Nueva Zelanda, donde evaluaron el efecto de la carga animal del sistema (con cargas de 2,2; 2,7; 3,1; 3,7

y 4,3 vacas/ha) sobre la producción y utilización de forraje, la producción individual por vaca y la eficiencia de conversión de energía del forraje a energía láctea, se concluye que: la producción de pasto tendió a aumentar con el aumento de la carga, y la calidad del mismo aumentó linealmente. Por su parte, la producción de leche por vaca disminuyó linealmente con el aumento de la carga, principalmente debido a un pico más bajo y un perfil de leche menos persistente, y una lactancia más corta. Sin embargo, la producción de leche por hectárea aumentó linealmente, y solo hubo una pequeña disminución en la eficiencia de conversión de energía del alimento en energía láctea conforme aumentó la carga. En la tabla 5 se muestran algunos de los resultados de dicho estudio.

Tabla 5

Producción de leche, consumo y producción de forraje para sistemas pastoriles neozelandeses con distinta carga

	Carga				
	2,2	2,7	3,1	3,7	4,3
Producción de forraje (kg MS/ha/año)	18.048	18.050	19.484	18.538	20.394
Consumo de forraje (kg MS/ha/año)	12.098	13.785	14.322	15.609	16.597
Consumo de forraje (% de lo producido)	67%	76%	74%	84%	81%
Consumo de forraje (kg MS/vaca/año)	5.438	5.018	4.575	4.214	3.887
Producción de leche (L/vaca/año)	5.032	4.351	4.128	3.616	3.448
Producción de leche (L/ha/año)	11.071	11.747	12.796	13.380	14.828

Nota. Elaborado con base en Macdonald et al. (2008).

En base a la tesis de grado de Custodio Prados (2022), en la cual analiza los efectos del incremento de la carga en variables bio-económicas de sistemas de producción de leche, realiza una comparación de dos sistemas con diferente carga de 1,5 VO/ha PPVO y 2,0 VO/ha PPVO. A su vez, estos dos sistemas los compara con los datos del proyecto de producción competitiva reportados por Fariña y Chilibróste (2019). En el Cuadro N°6 se muestran los datos de dicha comparación.

Tabla 6

Comparación de sistemas lecheros nacionales con distinta carga sobre la plataforma de pastoreo vaca ordeñe

	PPC	Custodio 1,5	Custodio 2,0
Carga (VO/ha PPVO)	1,15	1,50	2,00
Producción de forraje (kg MS/ha PPVO/año)	---	9.030	8.822
Consumo de forraje (kg MS/ha PPVO/año)	3.976	4.464	4.793
Producción de leche (kg/ha PPVO/año)	8.185	11.421	16.221

Nota. Elaborado con base en Fariña y Chilibroste (2019) y Custodio Prados (2022).

2.2.4 Tipo de vaca

Según García (2002), el tipo de vaca más adaptado a los sistemas pastoriles de alta carga (como los de Nueva Zelanda), es una vaca de alto mérito genético, chica, con una producción individual modesta, alta fertilidad, resistencia y persistencia como pueden ser las vacas Holstein neozelandés. El autor plantea que esto se debe a las desventajas que presentan vacas como las Holstein de origen genético norteamericano. En este sentido menciona que cuando estos animales son alimentados únicamente con pasturas, la producción individual de leche disminuye notoriamente en comparación a vacas de este tipo alimentadas con dietas totalmente mezcladas de similar digestibilidad.

Otra desventaja de vacas como las Holstein de origen genético norteamericano mencionada por el autor, es la pérdida de fertilidad (manifestada a través de menores tasas de concepción), como consecuencia de un balance energético más negativo. A su vez, en sistemas pastoriles de alta carga con parición concentrada en una época determinada del año, se requiere un parto por vaca y por año, de manera que se complejiza el manejo reproductivo y se reducen las posibilidades de alcanzar dicho requisito.

2.2.5 Suplementación

En concordancia con el planteo de García (2002) mencionado anteriormente, acerca de que alcanzar una mayor utilización del pasto producido en el propio establecimiento reduce el costo de producción de la pastura y del litro de leche, Bargo (2003) en su revisión, plantea que las pasturas son la fuente de nutrientes más barata, y la utilización de pasturas en la alimentación de vacas lecheras resulta en un sistema de bajo costo. Por otra parte, también plantea que la principal limitante de la producción de leche en sistemas pastoriles con vacas de alta producción es el bajo consumo de MS total. Con lo anterior, el objetivo principal de la suplementación debe ser aumentar el consumo total de MS y el consumo de energía más allá de los obtenidos solamente a pasturas y además optimizar la rentabilidad por vaca y por unidad de superficie. No obstante, entre los objetivos específicos de la suplementación se pueden incluir: 1) aumentar la producción de leche por vaca, 2) aumentar la carga y la producción de leche por unidad de superficie, 3) mejorar el uso de la pastura a través de mayores cargas, 4) mantener o mejorar el estado

corporal en épocas de limitaciones de pastura para mejorar la reproducción, 5) aumentar el largo de la lactancia en épocas de limitaciones de pastura, y 6) aumentar el contenido de proteína en leche a través de la suplementación energética (Bargo, 2003).

Resulta importante entonces, hacer referencia a los principales factores que afectan la respuesta a la suplementación en términos de consumo de MS total y a su vez en términos de producción de leche. Entre estos factores se pueden mencionar: 1) la tasa de sustitución, 2) la cantidad y calidad de pastura ofrecida, 3) el tipo y cantidad de suplemento ofrecido, 4) el potencial genético de las vacas y 5) la etapa de lactancia.

Bargo (2003) en su revisión, menciona que la tasa de sustitución se conoce como la reducción en el consumo de pastura por parte de los animales cuando se les ofrece suplemento, y es uno de los principales factores que explica la respuesta en leche a la suplementación. La tasa de sustitución depende entre otros factores, de la disponibilidad de pastura a la cual el animal se enfrenta. De acuerdo con Bargo (2003), en la medida que la disponibilidad de pastura aumenta, la tasa de sustitución también aumenta (0,20 kg de pastura/kg de suplemento a baja disponibilidad y 0,62 kg de pastura/kg de suplemento a alta disponibilidad), y la respuesta a la suplementación en leche a la suplementación disminuye.

Por su parte, el nivel de suplementación también juega un rol importante en la respuesta a la suplementación. Bargo (2003) plantea que tradicionalmente se ha descripto que el incremento marginal en producción de leche por kg de concentrado disminuye en la medida que la cantidad de concentrado aumenta. Particularmente Peyraud y Delaby (2001, como se cita en Bargo, 2003) mencionan que por encima de 3 a 4 kg/d de concentrado, la respuesta marginal en producción de leche disminuye, pero esos datos no fueron consistentes y ocurrieron en un contexto de cantidad y calidad de pastura no limitante con vacas de moderado mérito genético.

A partir de una revisión de 8 estudios, Bargo (2003) plantea que la respuesta a la suplementación en producción de leche en vacas de alta producción es diferente según la etapa de lactancia. La producción de leche para vacas con una producción individual mayor a 28kg/d y menos de 90 días de lactancia, tiene una relación lineal positiva con el consumo de concentrado, de manera que la respuesta promedio a la suplementación es de 1kg de leche por cada aumento en un kg de MS de concentrado consumido, mientras que para vacas con una producción individual menor a 23 kg de leche/día, y más de 160 días en lactancia, la producción de leche también aumenta en la medida que aumenta el consumo de concentrado pero con una respuesta marginal que disminuye en la medida que aumenta el consumo de concentrado. Estas respuestas ocurrieron para niveles de consumo de concentrado menores a 10 kg de MS/vaca/día, sugiriendo que la disminución de la respuesta marginal tradicionalmente descripta no ocurre dentro de este rango para vacas de alta producción.

En términos generales, el autor plantea que suplementar aumentó el consumo de MS total en un 24%, la producción de leche un 22%, el porcentaje de proteína un 4% y redujo el porcentaje de grasa en un 6% con respecto a dietas de solo pastura. En relación al tipo de concentrado, Bargo (2003) menciona que la suplementación con concentrados fibrosos o granos procesados no afectó la producción respecto a la suplementación con grano de maíz sin procesar. La suplementación con fuentes de proteína no degradable en rumen tampoco afectó la producción ni la composición de la leche, cuando dicha suplementación reemplazó a fuentes de proteína degradable en rumen. La suplementación con suplementos voluminosos no afectó la producción cuando la tasa de sustitución fue alta, y la suplementación con grasas aumentó la producción de leche en un 6% sin afectar la composición de la misma.

2.3 ÉPOCA DE PARTO

2.3.1 Implicancias teóricas y prácticas de la modificación de la época de parto.

2.3.1.1 Cambios en la performance reproductiva:

Estudios realizados en Australia y Nueva Zelanda han mostrado menores performances reproductivas para vacas paridas en otoño respecto a vacas paridas en primavera (García & Holmes, 1999). Una encuesta realizada en Australia por Fulkerson y Dickens (1985a, 1985b, como se citan en García & Holmes, 1999), sugiere que la menor performance reproductiva estuvo asociada a una detección de celo deficiente y a menores tasas de concepción para las vacas paridas en otoño, las cuales pueden explicarse por un desbalance energético, ya que vacas paridas en otoño cuyo período de apareamiento o inseminación es en invierno, época en que posiblemente se encuentren perdiendo o manteniendo peso, mientras que vacas paridas en primavera que se aparean en verano, posiblemente se encuentren en períodos de ganancia de peso.

2.3.1.2 Cambios en la composición de la leche:

Los cambios en la composición de la leche pueden ser atribuidos a dos factores principales: la etapa de lactancia y la estación del año, que afectan tanto a las pasturas como a las vacas (Auldist et al., 1997). Un estudio realizado en Nueva Zelanda que tuvo por objetivo analizar los efectos en forma separada de la etapa de lactancia y de la estación del año sobre la composición de la leche, dio como resultados que el avance en la etapa de lactancia aumenta la concentración de los componentes de la leche tales como proteína, caseína y suero, independientemente de cuál sea la época de parto. Probablemente esto esté asociado a la disminución del volumen de leche producido por cada vaca conforme avanza la etapa de lactancia (Auldist et al., 1997).

Por su parte, la estación del año también tuvo efecto sobre los componentes de la leche. Las concentraciones de proteína total, proteína del suero e Inmunoglobulina G, aumentaron a medida que avanzaba la temporada desde la primavera hasta el invierno. Probablemente, estos cambios estén asociados a la nutrición, ya que ha sido reportado por Gray y Mackenzie (1987, como se cita en Auldist et al., 1997) que la reducción en la

disponibilidad de forraje como alimento para las vacas (hecho que sucede conforme avanzan las estaciones del año, desde primavera hasta invierno), aumenta la concentración de proteínas del suero.

Sin embargo, Auldist et al. (1997) reportan un efecto de interacción entre la etapa de lactancia y la estación del año para el contenido de proteína total y caseína de la leche. En este sentido, encontraron que las concentraciones de dichos componentes en etapa de lactancia temprana disminuyen, mientras que para la etapa de lactancia media y tardía aumentan conforme avanza la época de parto desde primavera hasta invierno. Si bien los autores no mencionan cual puede ser el efecto causal de dicha interacción, plantean que dicho efecto puede implicar una mayor dificultad para las vacas en etapa de lactancia temprana para satisfacer sus requerimientos nutricionales conforme avanza la temporada de parto desde la primavera hasta invierno.

2.3.1.3 Modificación de la curva de lactancia:

García y Holmes (1999) mencionan que la forma de la curva de lactancia, en términos de pico de producción y velocidad a la que la producción de leche disminuye después del pico (persistencia), depende en gran medida de factores ambientales. En este sentido, los autores plantean que los efectos pueden actuar en forma directa mediante variaciones climáticas o en forma indirecta mediante el nivel de alimentación. En relación a los efectos directos, plantean que pueden tener incidencia en climas más extremos que los templados, de manera que la época de parto en climas templados afecta la forma de la curva de lactancia principalmente a través de efectos indirectos como el nivel de alimentación.

En relación a estos efectos, estudios realizados en Nueva Zelanda por Auldist et al. (1997) y por García et al. (1998, como se cita en García & Holmes, 1999) y en Irlanda por Ryan et al. (1997, como se cita en García & Holmes, 1999), dieron como resultado que las vacas paridas en otoño poseen un menor pico de producción, pero mayores tasas de persistencia, respecto a vacas paridas en primavera. A su vez, los autores también reportan un segundo pico de producción para la curva de lactancia de vacas paridas en otoño como consecuencia de un aumento en el nivel de alimentación (en términos de cantidad y calidad) ocurrido en la primavera.

Estos aspectos de modificación de la curva de lactancia pueden tener consecuencias para la industria si se concentran los partos en una determinada época del año, ya que la curva de remisión de leche de los sistemas tendrá la misma forma de la curva de lactancia de las vacas que lo componen. Un ejemplo de ello es el caso de Nueva Zelanda, donde, al concentrar los partos a fines de invierno, el suministro de leche a la industria en términos de cantidad es máximo para el período de primavera y menor para el resto del año, de manera que las industrias son infrautilizadas, dado que están diseñadas para recibir un gran volumen de leche en un período corto de tiempo (Auldist et al., 1997).

2.3.2 Antecedentes de la modificación de la época de parto sobre el desempeño de los sistemas pastoriles.

En dos estudios realizados en Australia de Thomas et al. (1985, como se cita en García & Holmes, 1999), y en Irlanda de Ryan et al. (1997, como se cita en García & Holmes, 1999), se compararon sistemas con partos en otoño y primavera que tenían igual carga. Los mismos muestran que la producción de leche por vaca y por hectárea, es mayor para sistemas que poseen los partos en otoño respecto a sistemas que poseen los partos en invierno. Thomas et al. (1985, como se cita en García & Holmes, 1999) encontraron que vacas paridas en otoño produjeron un 17% más de grasa láctea por vaca y por hectárea. Ryan et al. (1997, como se cita en García & Holmes, 1999) reportaron rendimientos 9% superiores para vacas paridas en otoño respecto a vacas paridas en primavera.

Otro estudio realizado en Australia por Fulkerson et al. (1987, como se cita en García & Holmes, 1999) muestra como resultados que las vacas paridas en otoño produjeron un 4% menos de grasa láctea por vaca, y un 14,5% menos de grasa láctea por hectárea respecto a las vacas paridas en primavera.

Un estudio realizado en Nueva Zelanda en los años 1996 al 1999 por García y Holmes (1999), que comparó tres sistemas pastoriles con época de parto 100% en otoño, 100% en primavera y otro sistema con el 50% de los partos en otoño y el restante 50% en primavera, dio como resultados generales una producción de leche y de sólidos (grasa más proteína) superior para el sistema con el 100% de los partos en primavera el cual alcanzó 9442 L de leche/ha y 750 kg/ha de sólidos (grasa más proteína). Por su parte, los sistemas con el 100% de los partos en otoño y el sistema con los partos repartidos entre las dos estaciones alcanzaron producciones de leche en torno a los 9000 L/ha y 720 kg/ha de sólidos.

En este estudio, García y Holmes (2005) también reportan como resultados una mayor producción de sólidos de leche por vaca (361 kg/vaca) y una mayor duración de lactancia (291 días) para el sistema con partos 100% en otoño en comparación con el sistema de partos en primavera (309 kg/vaca de sólidos y 241 días/lactancia). Atendiendo al sistema de partos repartidos entre ambas estaciones, alcanzó una producción de 333 kg/vaca de sólidos y la duración de la lactancia dentro de este sistema fue de 279 días/lactancia para las vacas paridas en otoño y 237 días/lactancia para las vacas paridas en primavera. Un aspecto importante a destacar de dicho trabajo es que los tres sistemas en su diseño original difirieron en la carga de ganado por unidad de superficie, siendo menor para el sistema de partos de otoño (2 vacas/ha), intermedia para el sistema con partos repartidos entre las dos estaciones (2,2 vacas/ha) y mayor para el sistema de partos de primavera (2,4 vacas/ha) (García & Holmes, 2005). Con esta salvedad, fue uno de los pocos estudios en abordar de forma integral esta temática a nivel de un sistema pastoril.

Spaans et al. (2019) obtuvieron como resultado en un estudio realizado en Nueva Zelanda, donde compararon cuatro épocas de parto con inicio en julio, octubre, enero y

abril, que el sistema pastoril que no importa alimentos es más rentable con una época de parto que inicie en el invierno tardío (julio a setiembre). Los autores mencionan que sistemas con dicha época de parto incrementan la proporción de pasto fresco en la dieta de la vaca lactante, lo cual tendió a aumentar la producción de leche y en consecuencia los ingresos.

En un estudio de Macmillan et al. (1984, como se cita en García & Holmes, 1999), en el cual se compararon rodeos con una fecha media de partos con 30 días de diferencia entre julio y agosto, muestra que rodeos con un patrón de partos concentrado alcanza un mayor rendimiento de leche por vaca, debido a una mayor duración de la lactancia. Al realizar una comparación con establecimientos comerciales obtuvo como resultado que la época de parto temprana y más concentrada tuvo 29 días más de duración de lactancia, de los cuales 21 días se debieron a la época de parto y los restantes a la concentración de los mismos (García & Holmes, 1999).

Retomando los resultados del trabajo de García y Holmes (2005) mencionados anteriormente, donde la producción de leche por unidad de superficie del sistema con partos repartidos un 50% en otoño y 50% en primavera no difirió del sistema con partos concentrados en otoño, y ambos tuvieron diferencias respecto al sistema con partos 100% en primavera, es posible formular la hipótesis de que las principales diferencias entre sistemas están dadas en parte, por la época de parto de las vacas (otoño vs primavera) y no tanto por la duración de la época de partos (100% de los partos en otoño o primavera vs 50% de los partos en otoño y 50% de los partos en primavera) ya que dos sistemas con diferente duración de la época de partos (Otoño vs 50% Otoño y 50% primavera) pueden obtener niveles de producción similares.

Por otra parte, en el mismo trabajo, los resultados de producción de sólidos lácteos por vaca fueron intermedios para el sistema con los partos repartidos entre ambas estaciones respecto a los otros sistemas, los cuales mostraron resultados contrastantes entre sí, reafirmando la hipótesis de que la época de parto quizás sea en parte, la variable que marca en mayor medida las diferencias y no tanto la duración de la época de partos del sistema.

Teniendo en cuenta la escasez de estudios que evalúen la conveniencia o no de manejar épocas de partos compactas o extendidas en sistemas lecheros pastoriles en términos de la eficiencia de uso del alimento, es posible realizar una asociación entre los sistemas pastoriles con épocas de parto extensas o compactas, y los sistemas base dieta totalmente mezclada (TMR) con o sin agrupación nutricional de los animales, para formular hipótesis sobre las posibles consecuencias (en términos de eficiencia de uso del alimento) en sistemas pastoriles con o sin compactación de los partos.

Según Cabrera y Kalantari (2016), en sistemas base TMR, el agrupamiento de vacas lactantes con fines nutricionales, también conocido como agrupación nutricional, es una práctica de manejo del rodeo que proporciona diferentes dietas a diferentes grupos

de vacas lactantes para cumplir mejor con sus requerimientos de nutrientes. Por lo tanto, el agrupamiento nutricional puede ser beneficioso al ahorrar costos de alimentación, mejorar la productividad, mejorar la salud del rodeo y disminuir las emisiones de nutrientes al medio ambiente.

Weiss (2019) plantea que normalmente las dietas para un grupo de animales se formulan para una producción de leche superior a la del promedio, ya que alimentar para la producción de leche promedio del grupo determina que aproximadamente la mitad del grupo de mayor producción al promedio estará sub alimentada y la otra mitad estará sobrealimentada. El nivel de sobre formulación de una dieta depende de: el precio de la leche, los costos de alimentación, la variabilidad de la composición de los ingredientes de la dieta, los grupos de animales menos homogéneos, el buen manejo de la alimentación y las buenas instalaciones para suministrar el alimento.

En relación a la homogeneidad de los grupos de animales, Weiss (2019) menciona que grupos de animales diversos deben recibir dietas que excedan sustancialmente los requerimientos de nutrientes de la vaca promedio, y que el objetivo en esos casos es asegurar que las vacas de alta producción mantengan su productividad. Por otro lado, aunque la concentración de nutrientes que requiere una vaca en la dieta varía en función del peso corporal, la paridad, la composición de la leche, la producción de leche y el consumo de materia seca, los últimos dos son los más importantes, y varían lo suficiente como para asegurar una importante variación en los requerimientos nutricionales de un grupo de vacas.

Grant y Albright (2001) plantean que la estrategia de agrupamiento, así como la alimentación en grupo influye en el consumo de materia seca y podrían tener un efecto importante en la productividad, la salud y la rentabilidad de los sistemas lecheros, ya que el consumo de alimento es el factor más importante del cambio en la producción de leche y la condición corporal durante la lactancia. Con lo expuesto anteriormente sobre el agrupamiento de animales en sistemas base TMR, puede formularse la hipótesis que aquellos sistemas pastoriles que tengan épocas de partos compactas podrían tener una mayor eficiencia en el uso de los alimentos disponibles y, por lo tanto, mejoras en la productividad y salud del rodeo y ahorros en los costos de alimentación.

A modo de síntesis, la lechería en Uruguay ha presentado grandes cambios en su estructura productiva, teniendo un aumento progresivo de la producción, al mismo tiempo que ha tenido una disminución importante en la superficie ocupada y la cantidad de productores dedicados a la lechería. De acuerdo a la información de INALE (Pedemonte et al., 2022), existen en Uruguay diferentes tipos de sistemas de producción lechera, los cuales difieren, entre otros aspectos, en la estrategia de alimentación. A grandes rasgos existen sistemas que basan su producción en el alto consumo de suplementos y otros que basan su producción en el alto consumo de pasto. Por su parte, como ya fue mencionado anteriormente la información disponible acerca de la época de partos y su distribución a lo largo del año en Uruguay (F. Sotelo, comunicación personal, 12 de junio, 2023) muestra

que los partos se dan durante todo el año, pero con una mayor proporción en los meses de Marzo, abril, Agosto y Setiembre.

La información internacional sugiere que si bien para definir un sistema de producción es necesario tomar decisiones a diferentes niveles técnicos (como son la época de parto y su duración, la carga, el tipo de vaca, la estrategia de alimentación y suplementación), deben estar claros en forma previa los objetivos de cada productor individual (García, 2002). En relación a la eficiencia de uso del alimento, si bien no hay estudios que hayan abordado el efecto de la época de parto sobre dicha variable para sistemas pastoriles, teniendo en cuenta los estudios para sistemas de base TMR, sería posible suponer que sistemas con lotes más homogéneos en cuanto a sus requerimientos (época de parto compacta), podrían tener mejores eficiencias en el uso de los alimentos.

Atendiendo al tema central del presente trabajo, que es el efecto de la época de parto y su duración sobre la producción y composición de leche en sistemas pastoriles, puede decirse que en términos de productividad los trabajos internacionales existentes mencionados anteriormente en este apartado muestran resultados diferentes entre sí, de manera que no es posible en base a estos establecer claramente como afecta la época de parto y su duración en la productividad de los sistemas, lo cual hace interesante que se realicen investigaciones en las condiciones específicas de nuestro país.

En adición, el clima en Uruguay, si bien es un clima templado con cuatro estaciones marcadas en el año, tiene la particularidad que los veranos se caracterizan por tener temperaturas más elevadas que los veranos de los países como Nueva Zelanda, Australia o Irlanda, de manera que el estrés calórico y la pérdida de calidad de las pasturas en dicha estación, es un desafío importante para poder diseñar sistemas pastoriles de producción de leche en Uruguay haciendo más interesante aún que se estudie el efecto de la época de parto sobre estos sistemas en nuestro país.

2.4 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DE TRABAJO

La hipótesis de este trabajo es que la producción individual de leche y sólidos será similar en vacas con partos de invierno y otoño, y superior a la alcanzada por vacas con partos extendidos en otoño e invierno.

Como objetivo general en este trabajo se pretende estudiar el efecto de la época de parto sobre el desempeño individual de vacas lecheras manejadas en sistemas pastoriles.

2.4.1 Objetivos específicos:

En vacas lecheras manejadas en sistemas pastoriles, estudiar el efecto de la duración y momento de la época de parto sobre:

- La producción individual de leche
- La composición de leche
- El rendimiento individual de sólidos lácteos
- La condición corporal

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO, ANIMALES, Y TRATAMIENTOS

El trabajo se realizó en la unidad de lechería de la Estación Experimental del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), INIA La Estanzuela ubicada en la Ruta nacional N° 50 km 11, Colonia, a 25 km de la ciudad de Colonia del Sacramento, Colonia, Uruguay (Coordenadas: 34° 20' 23.72" S – 57° 41' 39.48" O).

Figura 5

Estación experimental INIA La Estanzuela.



Nota. Elaborado con base en Google Earth (s.f.).

El experimento se encuentra dentro del proyecto “Comparación de sistemas lecheros pastoriles con diferente época de parto” de INIA (el cual tiene una duración de 2 años). El registro de los datos utilizados en esta tesis tuvo lugar entre el 1° de marzo y el 1° de julio del año 2023.

Se utilizaron 60 vaca masa (VM) Holando de origen genético neozelandés. En promedio, el rodeo experimental, al inicio del experimento, tenía una edad de 3,1 años, 1,4 lactancias, una producción individual de 23,5 L/VO/d y un peso vivo de 543,2 kg/animal. Estas vacas, fueron asignadas al azar un año antes del inicio del experimento a tres tratamientos (20VM cada uno) que diferían en la época y duración del período de partos, según se describen a continuación: Para el tratamiento de Otoño (OTO), los partos fueron en los meses de marzo, abril y mayo. Para el tratamiento de invierno (INV) fueron en los meses de mayo, junio, julio y agosto y, por último, para el tratamiento Extendido (EXT) fueron desde el mes de marzo hasta octubre inclusive. En la tabla 7 se detalla la cantidad y el porcentaje de partos por mes para cada tratamiento.

Tabla 7*Cantidad de partos según mes para cada tratamiento*

Tratamiento	OTOÑO		INVIERNO		EXTENDIDO	
MES	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
Marzo	11	55	.	.	3	15
Abril	6	30	.	.	4	20
Mayo	3	15	1	5	3	15
Junio	.	.	10	50	3	15
Julio	.	.	5	25	2	10
Agosto	.	.	4	20	2	10
Setiembre	.	.	.	.	2	10
Octubre	.	.	.	.	1	5

Nota. Período Marzo-Octubre del año 2023.

El experimento ocupó una superficie total de 27,6 hectáreas de plataforma de pastoreo (ha PP) dentro de las cuales se asignaron al azar 9,2 ha PP para cada tratamiento, de manera que la carga utilizada fue de 2,2 VO/ha PP. Para la definición de las rotaciones se usó el modelo de simulación FARMAX (Bryant et al., 2010), tomando como criterio la sincronización del crecimiento de forraje de cada rotación con la curva de lactancia esperada para cada tratamiento según su época y duración del período de partos. En la figura 6 se detallan las rotaciones forrajeras utilizadas para cada tratamiento utilizando los recursos forrajeros existentes en el tambo de la unidad de lechería, INIA La Estanzuela. La base forrajera de todos los tratamientos es la misma, con pasturas a base de alfalfa y dactylis, o festuca, con una mayor proporción de festuca en el tratamiento OTO, y de alfalfa y dactylis en el tratamiento INV, mientras que en el tratamiento EXT se encuentran en la misma proporción. De esta forma, el momento de mayores requerimientos de cada grupo de vacas coincide con el momento de mayor oferta de la pastura predominante. Además, la proporción del área de maíz para ensilaje es mayor en OTO respecto a INV, ya que en la simulación previa se detectó una mayor necesidad para sostener los requerimientos elevados de los animales de los animales en otoño e invierno, cuando la oferta de pasto es menor.

Figura 6

Esquema detallado de la rotación forrajera correspondiente a cada tratamiento

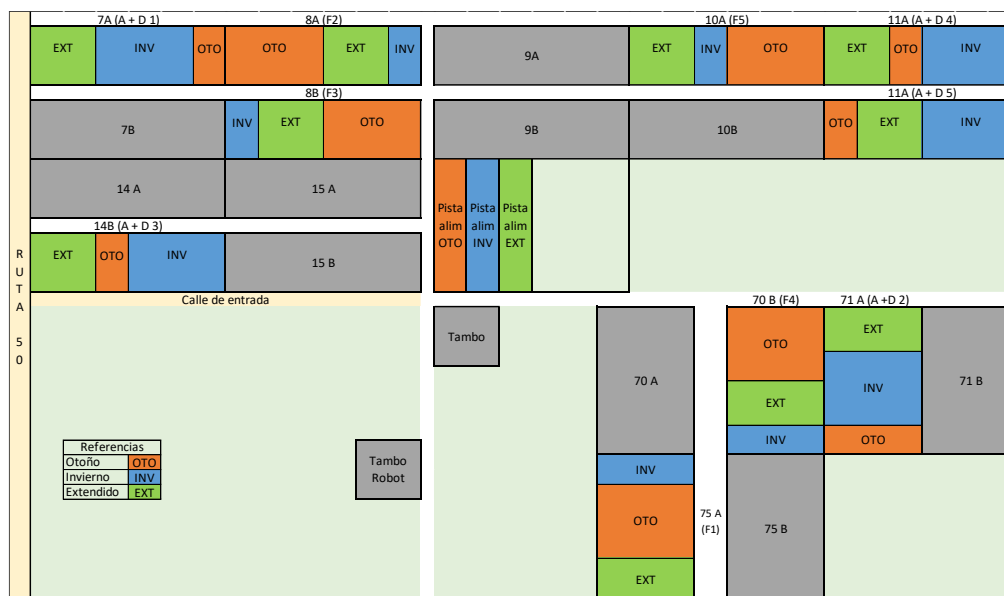
Tratamiento	Sup. y carga	Proporción pastura	I					II					III					IV					V				
			O	I	P	V		O	I	P	V		O	I	P	V		O	I	P	V		O	I	P	V	
Otoño (n=20)	10 ha 2vm/ha	25% A + D	0,5 ha	x	x	x		A + D1					A + D2					A + D3					A + D4 + VIRAZON 1				
		75% F	1,5 ha	x	x	x		F1					F2					F3					F4				
Invierno (n=20)	10 ha 2vm/ha	75% A + D	1,5 ha	x	x	x		A + D1					A + D2					A + D3					A + D4 + VIRAZON 1				
		25% F	0,5 ha	x	x	x		F1					F2					F3					F4				
Extendido (n=20)	10 ha 2vm/ha	50% A + D	1 ha	x	x	x		A + D1					A + D2					A + D3					A + D4 + VIRAZON 1				
		50% F	1 ha	x	x	x		F1					F2					F3					F4				

Nota. Adaptado de A. Mendoza y D. Ubios (comunicación personal, 5 de abril, 2023).

Para poder aplicar esas rotaciones distintas a cada tratamiento, dentro de cada uno de los 10 potreros que comprendían el área experimental, se asignó al azar el área correspondiente a cada uno de los tratamientos. De esta manera, todos los tratamientos tuvieron acceso a todos los potreros del área experimental, con diferencias en la proporción de área que estos ocupaban en cada potrero, lo que permitió aplicar la rotación específica para cada uno de ellos. A saber: OTO tuvo mayor proporción de Festuca, INV tuvo mayor proporción de Alfalfa + Dactylis y EXT tuvo igual proporción para ambos tipos de pastura. En la figura 7 se muestra un esquema del área experimental con el área que cada tratamiento ocupó en cada uno de los 10 potreros.

Figura 7

Croquis ilustrativo del área experimental



Nota. Los recursos forrajeros son los existentes durante el primer año del experimento. Adaptado de A. Mendoza y D. Ubios (comunicación personal, 5 de abril, 2023).

A modo de ejemplo, se observa que en el potrero 7A, cuyo recurso forrajero era una pradera de alfalfa y dactylis de 1er año, del área total la mitad le correspondió a INV, 1/3 a EXT, y 1/6 a OTO, reflejando la mayor proporción de este recurso en INV respecto a EXT y OTO. De la misma manera, el potrero 8A, cuyo recurso forrajero era una pradera de Festuca de 3er año, la mitad del área le correspondió a OTO, 1/3 a EXT y 1/6 a INV, lo cual refleja la mayor proporción de este recurso al tratamiento de OTO respecto a EXT e INV.

3.2 MANEJO DEL RODEO EXPERIMENTAL

Las decisiones de pastoreo fueron tomadas semanalmente y en forma independiente para cada tratamiento en base a la metodología 3R de INIA la Estanzuela desarrollada por Fariña et al. (2017). Esta metodología consiste en medir el stock de forraje de cada potrero, para calcular la tasa de crecimiento de la plataforma de pastoreo en forma semanal, tomar registro del estado fisiológico de cada componente de las pasturas de la plataforma (asignando un estado fisiológico promedio para cada potrero), predecir (en base a pronósticos de precipitaciones, temperatura y época del año) la tasa de crecimiento esperada para la siguiente semana, y en base a estos datos y la carga animal/ha de cada semana, establecer cuanto forraje puede consumir cada vaca y asignar el/los potrero/s y el área que cada lote debe consumir diariamente.

La estrategia de alimentación seguida fue la correspondiente al tratamiento GMax reportada por Stirling et al. (2021). Brevemente, la cantidad de pasto objetivo de cosecha por parte de cada vaca (kg MS/día) fue definida en base a la tasa de crecimiento semanal de la forma definida por Fariña et al. (2017), con restricciones según etapa de lactancia (máximo 9 kg MS si el porcentaje de vacas con <60 días de lactancia era mayor a 50%) y condiciones de estrés calórico (máximo 9 kg MS en 1 turno bajo condiciones de ola de calor). Una vez definido cuanto pasto puede consumir cada animal mediante cosecha directa, se completa la dieta con concentrados y reservas utilizando la planilla “lecheras” basada en el sistema de alimentación National Research Council (NRC, 2001), la cual contempla datos del ambiente (temperatura media, distancia recorrida por los animales, topografía del predio), datos de los animales (peso adulto, peso vivo, producción y composición de leche, días de gestación y semana de lactancia) y datos de la composición química de los alimentos. Para ello se tomaba como referencia la producción de leche objetivo que fue simulada previamente para cada tratamiento.

3.3 MEDICIONES

La producción individual de leche se midió 2 veces por día (en cada ordeño), utilizando un sistema de registro automatizado (Metatron P21, GEA Ltd, Düsseldorf, Alemania). Quincenalmente, se realizó un control lechero, en el cual se obtuvo una muestra de leche compuesta por partes iguales de dos ordeños consecutivos, las cuales eran enviadas al laboratorio de Calidad de Leche de INIA para determinar mediante análisis por espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier (FTIR) los valores de grasa, proteína y lactosa mediante el método “ISO 9622:2013 (IDF141) - Milk and

liquid milk products Guidelines for the application of mid-infrared spectrometry” de la International Organization for Standardization (2013) y los valores de urea mediante el método “Boletín FIL383/2003 - New Applications of Mid-infra-red Spectrometry for the Analysis of Milk and Milk Products” de la International Dairy Federation (2003). El equipo utilizado para la determinación de dichos valores fue MilkoScan FT+ (Foss Electric, Hillerød, Denmark). Por otra parte, también con frecuencia quincenal, se realizó medición de la condición corporal (con una escala 1 a 5 puntos propuesta por Edmonson et al., 1989) y en momentos puntuales, como el secado, parto, 30 días post parto (pp), 60 días pp y 90 días pp.

Para la medición del stock de forraje de cada potrero se utilizó un dispositivo de medición de forraje “C-Dax pasture meter”, ajustando los valores de altura de pasto obtenidos con ecuaciones desarrolladas por Waller Bárcena (2020). Mensualmente se tomó una muestra de cada potrero a pastorear para realizar análisis por recurso forrajero de porcentaje de Proteína Cruda (%PC) porcentaje de fibra detergente neutra (%FDN), y porcentaje de fibra detergente ácida (%FDA). Quincenalmente se realizó un pesaje del concentrado ofrecido en sala y un muestreo de cada partida que llegaba al tambo. Semanalmente se realizó un muestreo de las reservas, para determinar el porcentaje de materia seca. Los días lunes, miércoles y viernes se realizó una medición de oferta de forraje pre pastoreo y de remanente post pastoreo utilizando el medidor de forraje “C-Dax”. En los momentos que los animales permanecían en la pista de alimentación siendo suplementados con reservas y concentrados, se pesó el alimento ofrecido y el rechazo utilizando la balanza del mixer.

Para la caracterización del clima durante el período estudiado, se utilizaron los datos de precipitaciones y temperatura media diaria de la estación meteorológica automática de INIA “La Estanzuela”, ubicada a 1 km del sitio experimental. A partir de los datos de temperatura y humedad ambiente disponibles en el portal INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria [INIA], 2024) se realizó el cálculo del índice de temperatura y humedad. A continuación, se presenta una caracterización del clima durante los años 2023 y 2024 en la estación experimental de INIA “La Estanzuela”, basada en la información registrada sobre Temperatura, precipitación acumulada y el índice de temperatura y humedad (ITH) por el banco de datos agroclimático. Estos datos se comparan con los promedios históricos del período 1990-2023 para identificar posibles anomalías y tendencias que puedan impactar en la producción de leche de los tratamientos en evaluación.

3.4 MANEJO DE DATOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La evaluación de los resultados de producción y composición de leche, y de condición corporal, se realizó considerando un diseño completamente al azar, tomando cada época de parto como tratamiento y las semanas de medición (40) como repeticiones. El modelo estadístico se puede describir como: $Y_{ijk} = \mu^* + \tau_i + \sigma_j + (\tau \sigma)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$

Donde:

- Y_{ijk} = valor de la variable analizada
- μ = Media general de las observaciones
 τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento
- σ_j = Efecto de la j-ésima semana de medición
- $(\tau \sigma)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel de tratamiento y el j-ésimo nivel de semana.
- ε_{ijk} = Error experimental

Se evaluaron distintas estructuras de covarianza y para cada variable se seleccionó aquella con menor valor de Akaike, Las medidas se compararon con el test de Tukey, considerando diferencias significativas cuando $P \leq 0,05$.

Si bien se obtuvieron datos de consumo de los distintos alimentos, a excepción del consumo de concentrado, que fue determinado a nivel individual, el de pastura y reservas estos fueron estimados a nivel grupal, y por lo tanto no fueron sometidos a análisis estadístico. Sin embargo, debido al impacto que tiene la alimentación sobre las variables medidas, estos datos se usarán de forma descriptiva durante la discusión de los demás resultados.

A los efectos de poder usar la información de consumo de alimentos, o la información climática asociada a las distintas etapas de lactancia dentro de cada época de parto, y dada la dispersión de partos que existe dentro de cada tratamiento, se resolvió promediar los valores correspondientes a los meses que aproximadamente coincidían con cada etapa de lactancia. De forma arbitraria, a los efectos de esta interpretación, para OTO e INV, se decidió promediar los valores climáticos y de consumo de alimentos correspondientes a 4 meses alrededor de la fecha promedio estimada en que transcurrió cada etapa de lactancia. En el caso de EXT, por la mayor dispersión, se promediaron los datos correspondientes a 5 meses.

4. RESULTADOS

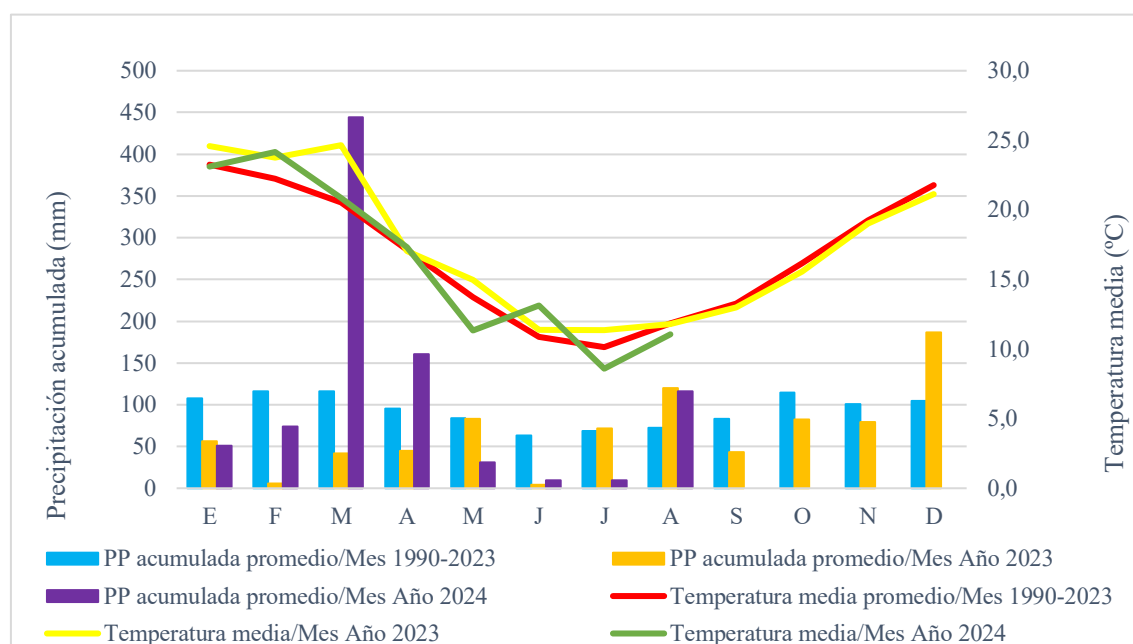
4.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL AÑO 2023 Y 2024

4.1.1 Precipitación acumulada y temperatura

La figura 8 fue elaborada en a los datos del Banco de Datos Agroclimáticos del INIA (2024) con las siguientes selecciones: “INIA La Estanzuela” para Ámbito, “1/01/1990 a 1/09/2024” para Período y “Precipitación acumulada y Temperatura media” para Variables. Como puede observarse los datos de precipitación acumulada muestran importantes diferencias entre los años 2023 y 2024 en comparación con los promedios históricos. En 2023, se observa una disminución significativa de las lluvias en varios meses, especialmente entre enero y junio, donde los valores fueron considerablemente inferiores al promedio histórico (con un mínimo de 4,5 mm en junio, frente a los 63 mm históricos). En contraste, el año 2024 presentó un comportamiento errático, destacando un notable aumento de la precipitación en abril (444 mm) y un descenso abrupto en meses como junio y julio, lo cual refleja una importante variabilidad de las precipitaciones durante el período del ensayo.

Figura 8

Temperatura y precipitación



Nota. Elaborado con base en INIA (2024).

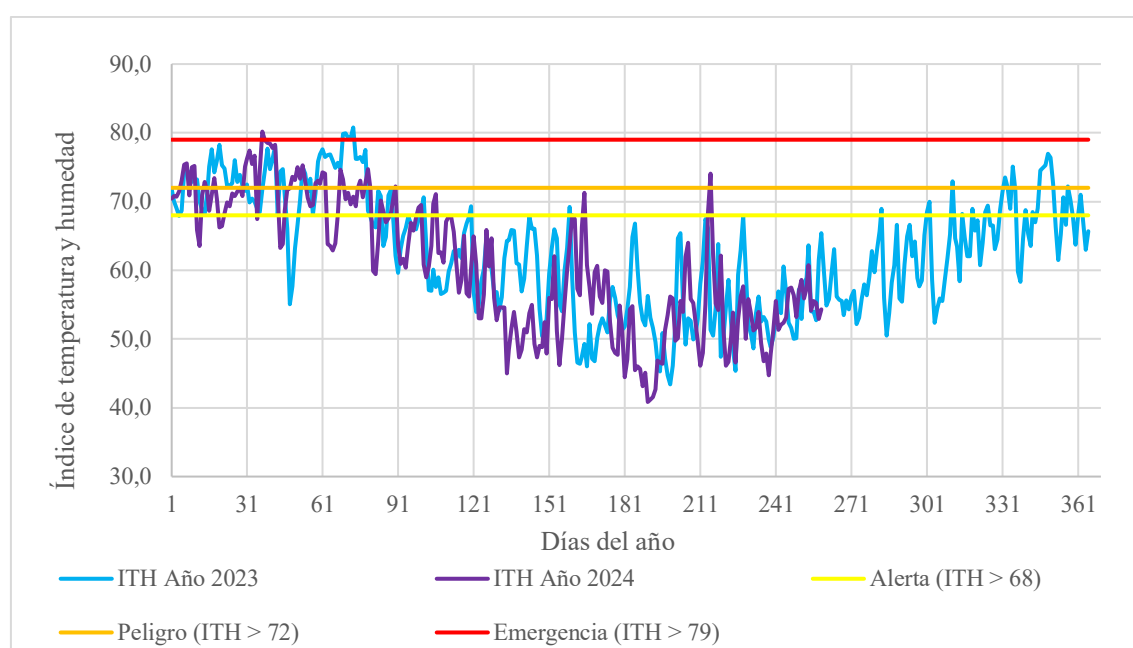
En 2023, se observó una temperatura media que mostró un ligero aumento en comparación con el promedio histórico, alcanzando picos significativos durante los meses de verano. En particular, los meses de diciembre y enero fueron críticos, con temperaturas medias superiores a 30°C. En 2024, la tendencia de aumento en la temperatura media continuó, con registros que alcanzaron hasta 34°C en los meses de enero y febrero.

4.1.2 Índice de Temperatura y Humedad (ITH)

La figura 9 fue elaborada con base en los datos del Banco de Datos Agroclimáticos de INIA (2024) con las siguientes selecciones: “INIA La Estanzuela” para Ámbito, “1/01/2023 a 1/09/2024” para Período y “Temperatura media y Humedad relativa” para Variables. Como puede verse en la figura 9, durante los primeros meses del año (verano y parte del otoño), los valores de ITH superaron con frecuencia los umbrales de alerta y peligro, tanto en el año 2023 como en 2024. Por otra parte, a medida que avanza el año y disminuyen las temperaturas, el ITH desciende, presentando valores más bajos durante los meses de invierno y primavera.

Figura 9

Índice de temperatura y humedad



Nota. Elaborado con base en INIA (2024).

En la tabla 8 se presentan los valores de temperatura media diaria promedio y la cantidad de días en que el ITH superó los umbrales de estrés térmico para cada tratamiento según etapa de lactancia, promediando los valores mensuales para que coincidieran con cada etapa de lactancia (dentro de cada tratamiento) como fuera explicado en la sección 3.4.

Tabla 8

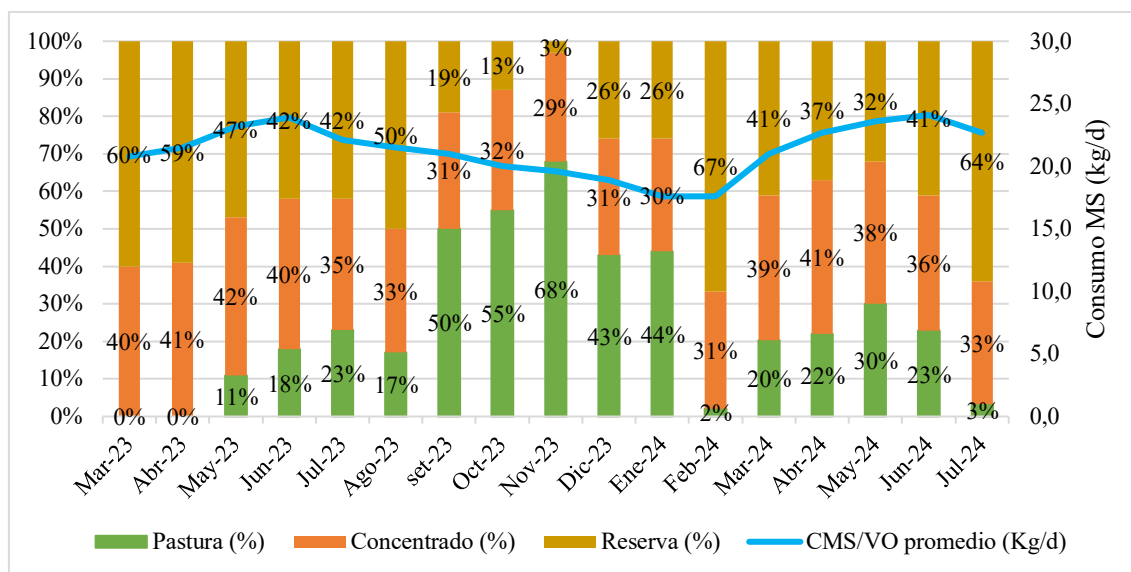
Temperatura promedio y cantidad de días con ITH superior a los umbrales de estrés térmico

Etapas de lactancia	Temperatura e ITH	OTO*	INV*	EXT**
Temprana	Temperatura media (°C)	18	12	16
	Cantidad de días ITH entre 68 y 72	9	1	9
	Cantidad de días ITH entre 72 y 79	14	0	14
	Cantidad de días ITH mayor a 79	5	0	5
Media	Temperatura media (°C)	13	20	16
	Cantidad de días ITH entre 68 y 72	3	34	17
	Cantidad de días ITH entre 72 y 79	0	21	11
	Cantidad de días ITH mayor a 79	0	0	0
Tardía	Temperatura media (°C)	22	22	20
	Cantidad de días ITH entre 68 y 72	38	24	41
	Cantidad de días ITH entre 72 y 79	39	26	36
	Cantidad de días ITH mayor a 79	1	1	1

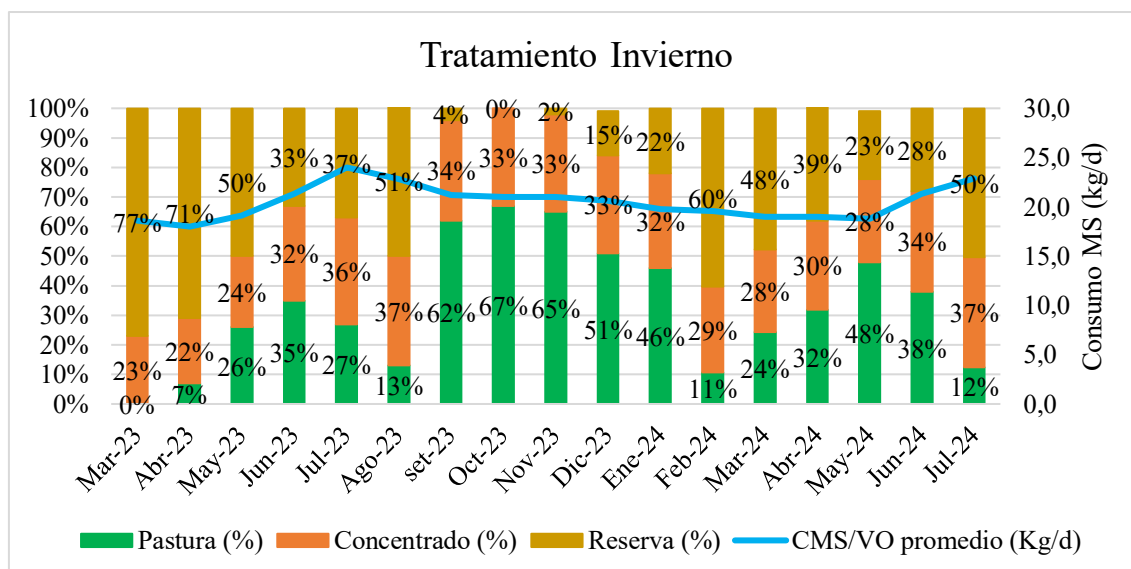
Nota. Promedios de 4 meses*; promedios de 5 meses**. Elaborado con base en INIA (2024).

4.2 COMPOSICIÓN DE LA DIETA PARA CADA TRATAMIENTO DURANTE EL PERÍODO DE EVALUACIÓN.

En la figura 10 se observa la evolución anual de la proporción de cada alimento y del consumo total para el tratamiento Otoño. El porcentaje promedio de pasturas, reservas y concentrados fue 25%, 35% y 39%, respectivamente. Los valores de inclusión de pasto fueron mayores entre Setiembre 2023 y Noviembre 2023 (50-68%) y los menores entre Marzo 2023 y Mayo 2023 (0-11%).

Figura 10*Tratamiento Otoño: Consumo y composición de la dieta*

En la figura 11 se observa la evolución anual de la proporción de cada alimento y del consumo total para el tratamiento Invierno. El porcentaje promedio de pasturas, reservas y concentrados fue 33%, 31% y 36%, respectivamente. Los valores de inclusión de pasto fueron mayores entre Setiembre 2023 y Noviembre 2023 (62-67%) y los menores entre Marzo 2023 y Mayo 2023 (0-26%).

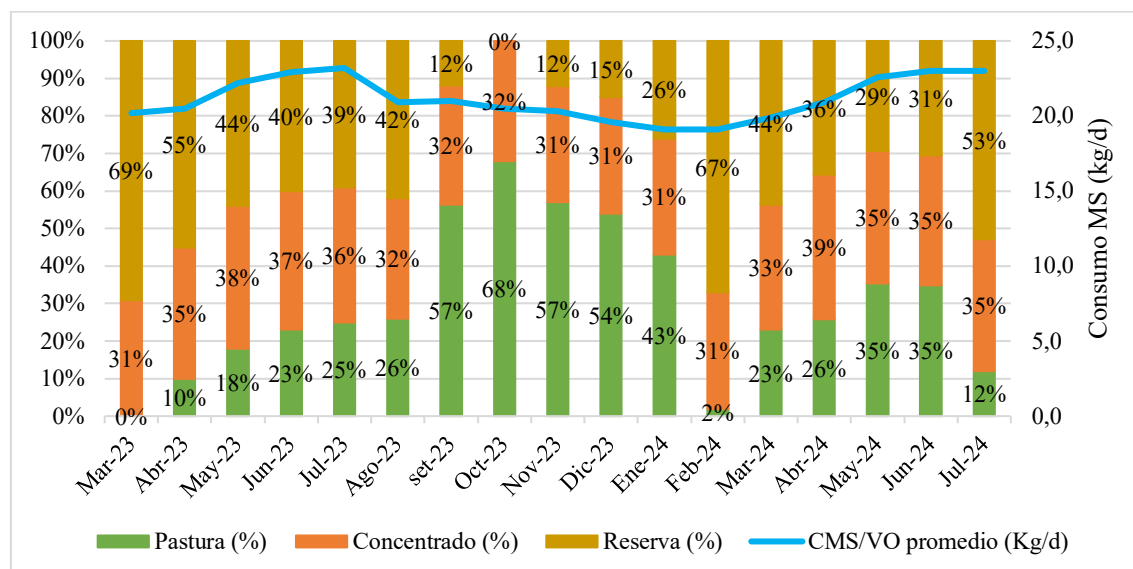
Figura 11*Tratamiento Invierno: Consumo y composición de la dieta*

En la figura 12 se observa la evolución anual de la proporción de cada alimento y del consumo total para el tratamiento Extendido. El porcentaje promedio de pasturas, reservas y concentrados fue 30%, 34% y 36%, respectivamente. Los valores de inclusión

de pasto fueron mayores entre Setiembre 2023 y Noviembre 2023 (57-68%) y los menores entre Marzo 2023 y Mayo 2023 (0-18%).

Figura 12

Tratamiento extendido: Consumo y composición de la dieta



En la tabla 9 se presentan los valores promedio de consumo de alimento y composición de la dieta para cada tratamiento según etapa de lactancia, de la forma descrita en la sección 3.4.

Tabla 9*Consumo de materia seca (CMS) y proporción de cada componente de la dieta*

Etapas de lactancia	CMS y Composición	OTO*	INV*	EXT**
Temprana	CMS/VO promedio (Kg/d)	22,4	22,3	21,8
	Pastura (%)	7,20	34,3	15,2
	Concentrado (%)	40,8	34,8	35,4
	Reserva (%)	52,0	31,3	49,4
Media	CMS/VO promedio (Kg/d)	21,2	20,6	20,5
	Pastura (%)	36,2	57,2	52,4
	Concentrado (%)	32,8	32,8	31,6
	Reserva (%)	31,0	10,0	16,0
Tardía	CMS/VO promedio (Kg/d)	18,4	19,1	20,3
	Pastura (%)	39,3	28,7	25,8
	Concentrado (%)	30,3	28,8	33,8
	Reserva (%)	30,4	42,5	40,4

Nota. (Promedios de 4 meses*; promedios de 5 meses**).

Los resultados de composición química de pasturas se presentan en la tabla 10, y los resultados de composición química de las reservas forrajeras utilizadas durante el período de estudio se presentan en la tabla 11.

Tabla 10*Resultados promedio de análisis de composición química de pasturas*

Componente forrajero	Variable analítica	OTO	INV	EXT
Festuca		17,1	19,7	18,1
AA + Dactylis*	%PC	20,3	21,9	21,5
Avena		16,9	24,0	24,7
Festuca		48,5	53,4	51,1
AA + Dactylis*	%FDN	46,3	46,3	44,2
Avena		36,1	34,6	35,0
Festuca		31,2	34,4	32,4
AA + Dactylis*	%FDA	28,4	28,5	27,2
Avena		18,8	20,1	19,6

Nota. Promedios según componente y según tratamiento para el año 2023. *AA + Dactylis: Incluye pasturas base alfalfa + dactylis intersembradas con Raigrás perenne.

Tabla 11*Resultados promedio de análisis de composición química de Ensilaje de Maíz*

Ident	MS (%)	PC (%bs)	FDA (%bs)	FDN (%bs)	LDA (%bs)	EE (%bs)	CEN (%bs)
Ens. Mz. 2023*	26,7	10,5	28,1	49,3	3,1	2,0	6,7

Nota. *Ensilaje Maíz año 2023.

4.3 PRODUCCIÓN, COMPOSICIÓN DE LECHE Y CONDICIÓN CORPORAL.

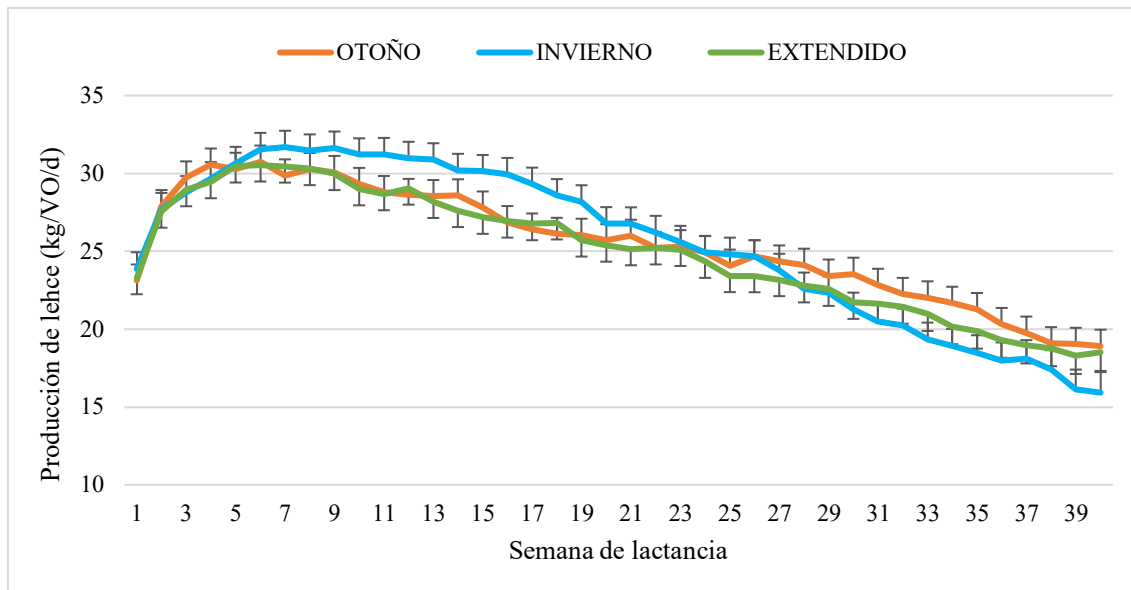
Los resultados de producción individual de leche, y de leche corregida por energía y proteína (LCEP) se presentan en la tabla 12. Por su parte, los resultados de producción de sólidos y composición de la leche, en términos de grasa y proteína, se presentan en la tabla N°9.

Tabla 12*Resultados de producción de leche*

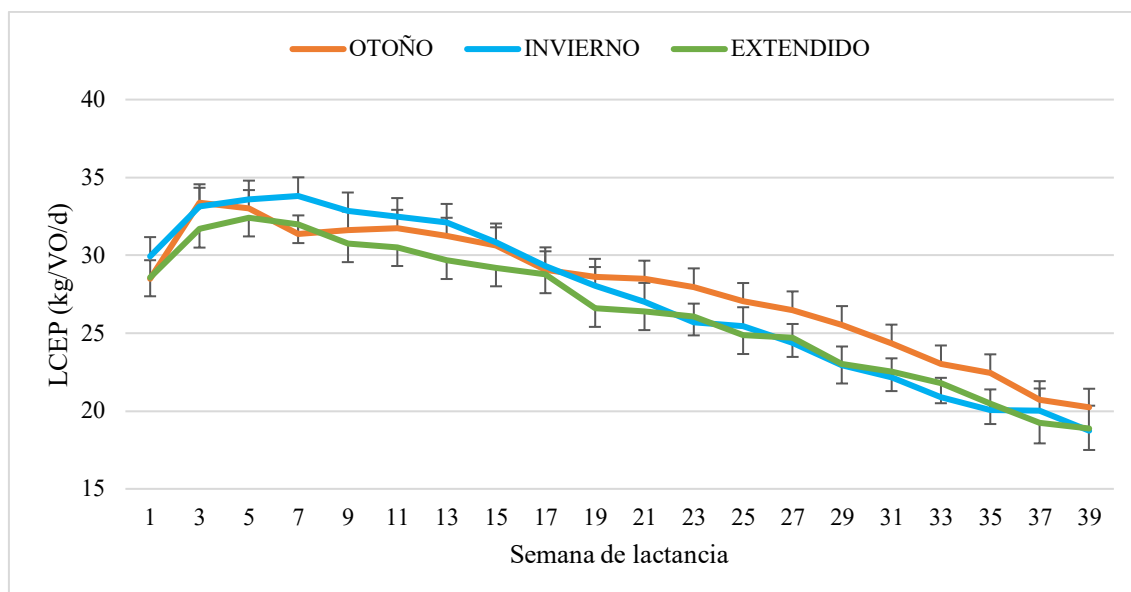
Tratamiento	OTO	INV	EXT	EEM	Trat	Sem	Trat x Sem
Prod individual (Kg/VO/d)	25,50	25,50	24,90	0,79	0,84	<0,0001	0,017
LCEP (Kg/VO/d)*	27,77	27,17	26,41	0,95	0,59	<0,0001	0,045

Nota. *LCEP: Leche corregida por energía y proteína.

Para la variable producción individual de leche, expresada en kg de leche/VO/día, se detectó una interacción tratamiento por semana de lactancia ($P < 0,05$). Como se muestra en la figura 13, comparado con el tratamiento otoño, el tratamiento invierno logró una mayor producción de leche durante las semanas 11, y 16 a 18, y una menor producción de leche durante las semanas 33-35 y 39-40. Comparado con el tratamiento extendido, el tratamiento invierno logró una mayor producción de leche durante las semanas 11, 13-14, y 15-17. Los tratamientos de otoño y extendido no fueron significativamente diferentes en ningún momento de la lactancia.

Figura 13*Producción individual de leche según tratamiento*

Para la variable leche corregida por energía y proteína (LCEP) se detectó una interacción tratamiento por semana de lactancia ($P < 0,05$). Si bien para las distintas semanas de lactancia no hubo diferencias significativas entre tratamientos, hubo diferencias en las dinámicas de las curvas del tratamiento invierno respecto a los demás (figura 14). En los 3 tratamientos el pico de producción de LCEP ya se alcanzó a la semana 3, pero en INV se mantiene en ese nivel hasta la semana 13 inclusive, mientras que en otoño e invierno dicho pico se mantiene hasta la semana 5 y 11, respectivamente. Posteriormente, la producción de grasa del tratamiento invierno cae de forma casi continua entre las semanas 13 y 29, mientras que en los otros 2 tratamientos dicha caída después del pico se da de forma menos abrupta.

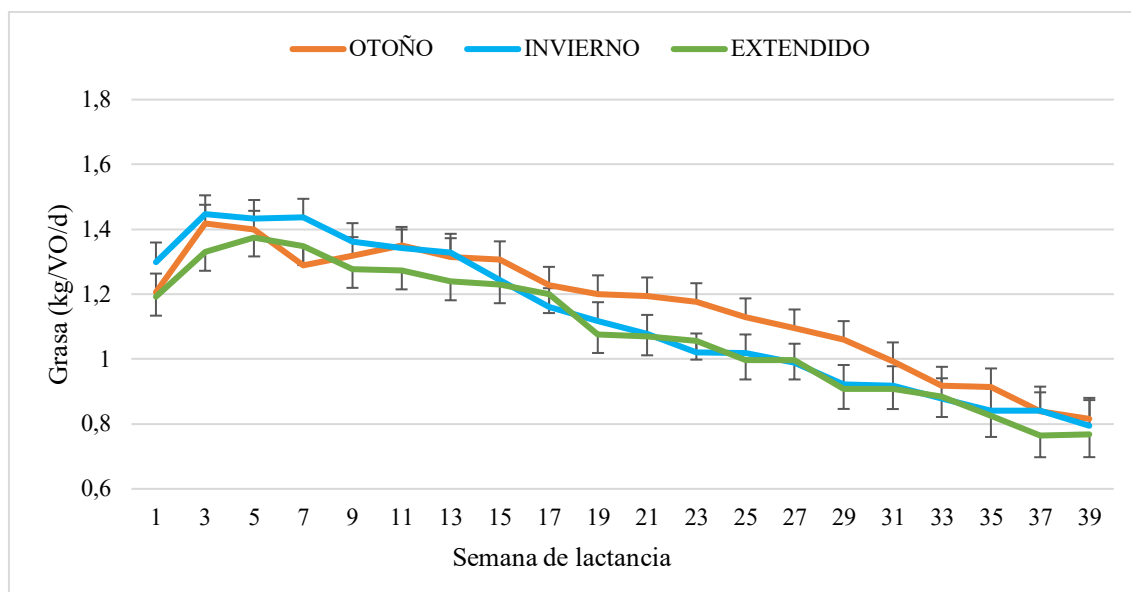
Figura 14*Leche corregida por energía y proteína según tratamiento*

En la tabla 13 se presentan los resultados de composición de leche. En la variable producción de grasa se detectó una tendencia a una interacción tratamiento por semana de lactancia ($P < 0,09$). En la figura 15 se puede observar que la producción de grasa láctea fue mayor en el tratamiento otoño respecto a invierno en las semanas 23 y 29, y respecto al tratamiento extendido en la semana 29.

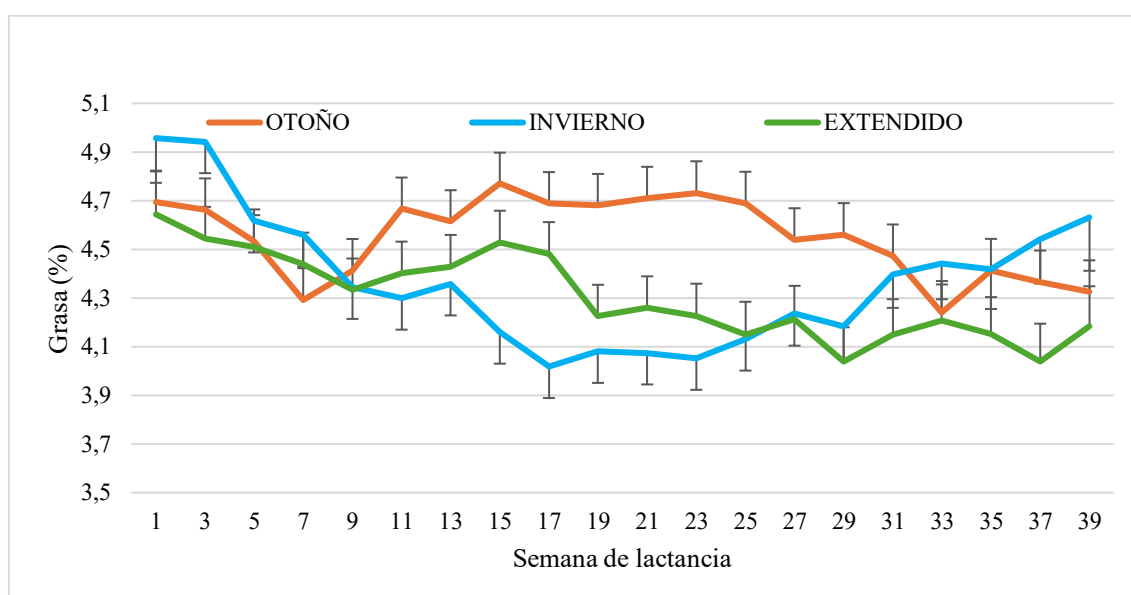
Tabla 13*Resultados de producción de sólidos y composición de la leche*

Tratamiento	OTO	INV	EXT	EEM	Trat	Sem	Trat x Sem
Grasa (kg/VO/d)	1,16	1,12	1,09	0,04	0,454	<0,0001	0,082
Grasa (%)*	4,55a	4,37b	4,31b	0,07	0,039	0,0018	0,003
Proteína (kg/VO/d)	0,95	0,91	0,89	0,03	0,428	<0,0001	0,064
Proteína (%)*	3,78a	3,57b	3,58b	0,05	0,003	<0,0001	0,006

Nota. *Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos.

Figura 15*Producción de grasa según tratamiento*

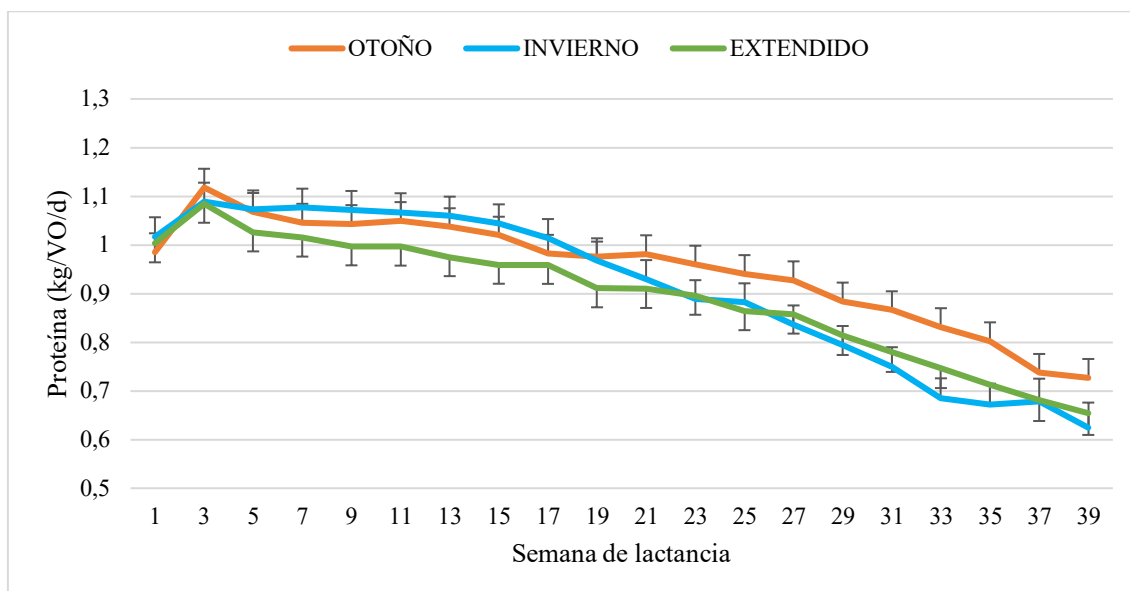
Para la variable porcentaje de grasa, el efecto de la interacción tratamiento por semana de lactancia, dio diferencias significativas. Como se muestra en la figura 16, el tratamiento de otoño tuvo mayor porcentaje de grasa que el tratamiento invierno en las semanas 11 y 15-29, y mayor porcentaje de grasa que el tratamiento extendido en las semanas 19-29. El tratamiento de invierno tuvo mayor porcentaje de grasa que el tratamiento extendido en las semanas 1-2 y 37, pero menor porcentaje en las semanas 15-17.

Figura 16*Porcentaje de grasa según tratamiento*

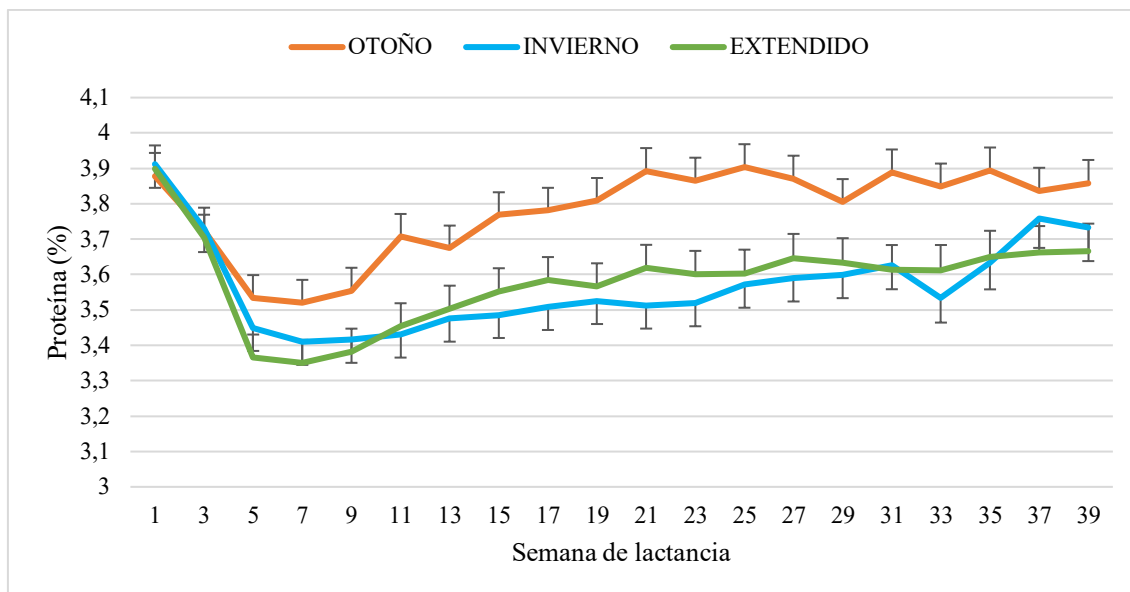
Para la variable producción de proteína hubo una tendencia a una interacción tratamiento por semana de lactancia ($P < 0,07$). En la figura 17 se puede observar que la producción de proteína láctea fue mayor en el tratamiento otoño respecto al tratamiento invierno en las semanas 31-35.

Figura 17

Producción de proteína según tratamiento



Para la variable porcentaje de proteína, el efecto de la interacción tratamiento por semana de lactancia dio diferencias significativas. Como se muestra en la figura 18, el tratamiento de otoño produjo leche con mayor porcentaje de proteína que el tratamiento extendido entre las semanas 5 y 39, y que el tratamiento invierno entre las semanas 11 y 35.

Figura 18*Porcentaje de proteína según tratamiento*

En la tabla 12 se presentan los resultados de condición corporal. No se detectó efecto de la interacción tratamiento por días de medición. Se detectó un efecto del tratamiento ($P < 0,05$), donde la condición corporal promedio fue mayor en los tratamientos otoño y extendido respecto a invierno. Se detectó un efecto semana ($P < 0,001$), donde en todos los tratamientos la condición corporal disminuyó entre el parto y hasta el día 45 posparto. De acuerdo al análisis, respecto al día 45 posparto la condición corporal volvió a aumentar recién al día 270 posparto.

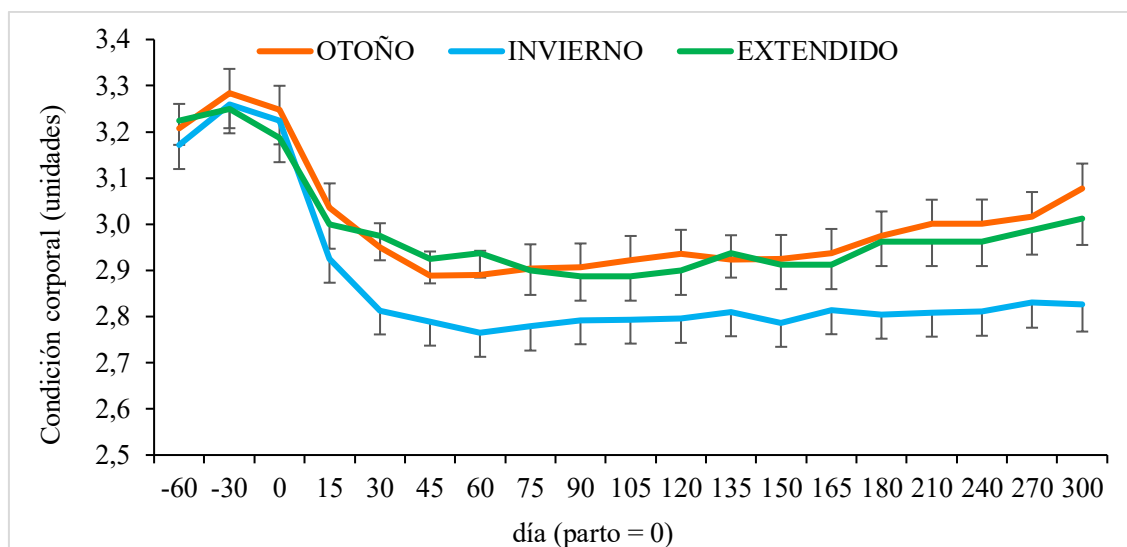
Tabla 14*Resultados de condición corporal*

Tratamiento	OTO	INV	EXT	EEM	Trat	Días	Trat x Días
Condición corporal, unidades	3,00 a	2,87 b	2,99 a	0,038	0,041	<0,001	0,378

Nota. Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Figura 19

Evolución de la condición corporal según tratamiento durante la lactancia



5. DISCUSIÓN

5.1 CONSUMO DE ALIMENTO

Los resultados obtenidos en el presente estudio sobre consumo de materia seca y composición de la dieta fueron analizados en relación con los valores reportados en la literatura para sistemas de producción lechera pastoriles en Uruguay. Específicamente, se compararon con los resultados obtenidos por Fariña y Chilbroste (2019), Stirling et al. (2021) y Méndez et al. (2019), quienes evaluaron y/o caracterizaron diferentes estrategias de alimentación y su impacto en la eficiencia productiva y económica de los sistemas lecheros de Uruguay.

El presente estudio reportó consumos de materia seca (MS) promedio de 21,3 kg MS/animal para el tratamiento de otoño, 20,5 kg MS/animal para el tratamiento de invierno y 21,1 kg MS/animal para el tratamiento extendido. Estos valores se encuentran dentro del rango de los valores reportados por Méndez et al. (2019), quienes observaron un consumo de 19,0 a 23,3 kg MS/animal en sistemas pastoriles de producción intensiva. Sin embargo, la distribución de los componentes de la dieta fue diferente en cada estudio. Mientras que en el presente trabajo el porcentaje de pastura en la dieta promedio para el período en estudio fue numéricamente menor en el tratamiento de otoño (25%) en comparación con los tratamientos de invierno (33%) y extendido (30%), Méndez et al. (2019) reportaron una mayor proporción de pastura en la dieta en sistemas con alta participación de forraje, alcanzando un promedio anual de 43%.

Por otro lado, Fariña y Chilbroste (2019) basados en los datos del “Proyecto Producción Competitiva” de CONAPROLE, indicaron que en los sistemas lecheros uruguayos la dieta anual promedio está compuesta en un 47% por pastura, 16% por reservas y 37% por concentrados. En este estudio, el consumo total de materia seca promedio anual por vaca fue de aproximadamente 17,0 kg MS/vaca/día, lo que se encuentra dentro de los valores reportados en la literatura para sistemas pastoriles en la región. En comparación con los resultados obtenidos, los tratamientos de invierno y extendido presentaron una participación de pastura y concentrado en la dieta cercana a la reportada por Fariña y Chilbroste (2019). A pesar de ello el consumo total de MS/Vaca/año de dicho estudio es numéricamente menor al alcanzado por los tratamientos del ensayo. Por su parte, el tratamiento de otoño mostró un menor valor de inclusión de pastura y un mayor uso de reservas a las reportadas por dichos autores, debido a la baja disponibilidad de pastura durante otoño 2023.

La caída en consumo a lo largo de la lactancia fue numéricamente menor para el tratamiento extendido respecto a los tratamientos de otoño e invierno, los cuales presentaron una caída más marcada en el consumo total de MS a medida que avanzó la lactancia, sin grandes diferencias numéricas entre ellos (tabla 9). Esto posiblemente esté asociado a que, a diferencia de los tratamientos de parición compacta, este tratamiento estuvo integrado por animales con una mayor dispersión en sus requerimientos de nutrientes (y por lo tanto mayor consumo) como resultado de su mayor extensión en la

época de partos. Mientras que en los tratamientos otoño e invierno, al estar más concentrados los partos, también lo estuvieron los requerimientos y el consumo de alimentos, por lo que las variaciones en el mismo a lo largo de lactancia fueron más marcadas. Igualmente, es pertinente recordar que los valores de la tabla N°9 del tratamiento extendido son promedios de 5 meses, mientras que los promedios de los tratamientos otoño e invierno son promedios de 4 meses por etapa de lactancia. Esto es una limitante a la hora de comparar los datos.

La baja inclusión de pastura en la dieta para el tratamiento de otoño en lactancia temprana (7,2%) se asocia a la gran sequía que enfrentó el país a finales del año 2022 e inicios del 2023, lo que determinó un déficit de pastura muy importante, el cual fue cubierto por concentrados y reservas de baja calidad. En lactancia media, el tratamiento de invierno alcanzó el valor más alto de inclusión de pastura (57%), lo cual permitió hacer coincidir la máxima oferta de forraje en el año con la máxima capacidad de consumo de las vacas de este tratamiento (período de lactancia media). Esto coincide con lo reportado en la revisión bibliográfica, donde se menciona que en sistemas lecheros de clima templado la estrategia predominante es hacer parir las vacas en invierno, con el fin de lograr la coincidencia entre la mayor oferta de pastura (primavera) y el momento de mayor demanda de los animales, para maximizar el consumo de forraje y la eficiencia productiva (García, 2002).

5.2 PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE

5.2.1 Producción individual

En relación con la producción individual de leche, no se encontraron diferencias significativas en el promedio de producción entre los tres tratamientos. Sin embargo, se observó un efecto significativo de la interacción entre tratamiento y semana de lactancia, lo que indica que hubo periodos específicos en los que la producción de leche varió entre tratamientos de manera distinta. La mayor producción individual observada para el tratamiento de invierno entre las semanas 11 y 18 respecto a los demás tratamientos puede relacionarse con la alimentación y el ambiente al cual se enfrentaron los diferentes tratamientos en ese período.

En relación a la alimentación, la mayor proporción de pastura en la dieta en lactancia temprana para este tratamiento pudo haber facilitado una mayor digestión y aprovechamiento de la fibra, incrementando la ingesta energética y, por ende, la producción de leche. Esto se relaciona con lo planteado por Oba y Allen (1999), quienes mencionan que una mayor digestibilidad de la fibra detergente neutra (FDN) en la dieta se asocia con un aumento en la ingesta de materia seca (IMS) y en la producción de leche. Estos autores, en un estudio donde revisaron comparaciones de forrajes con el objetivo de evaluar el efecto de la digestibilidad de la FDN sobre la IMS y la producción de leche, encontraron que, por cada unidad de mejora en la digestibilidad de la FDN, la IMS aumenta en 0,17 kg, mientras que la producción de leche aumenta en 0,23 kg.

En sentido opuesto, durante la lactancia temprana los tratamientos de otoño y extendido tuvieron una alta participación de reservas de baja calidad en la dieta como resultado de la sequía que afectó la producción de cultivos en 2022 y 2023, además de una baja inclusión de pastura particularmente en el caso del primero, lo que puede explicar la menor producción en lactancia temprana de estos tratamientos. Esto concuerda con Méndez et al. (2019), quienes plantean que la suplementación con forrajes conservados de baja calidad puede limitar la ingesta efectiva de nutrientes y afectar la producción de leche.

En cuanto al clima como factor que explique las diferencias productivas, a diferencia de los tratamientos de otoño y extendido, para el tratamiento de invierno durante la lactancia temprana, las temperaturas fueron más bajas y el Índice de Temperatura y Humedad (ITH) a excepción de 1 día se mantuvo en niveles por debajo del umbral de alerta, lo que refleja un ambiente más adecuado para el confort de las vacas lecheras. Esto pudo haber reducido el estrés calórico y permitido una mayor eficiencia productiva en comparación con los otros tratamientos. Según West (2003), cuando el ITH supera los 72 puntos, las vacas experimentan estrés térmico, lo que puede disminuir la producción de leche entre un 10% y un 25%, dependiendo de la duración e intensidad del evento calórico. Además, Bernabucci et al. (2010) reportaron que el estrés térmico afecta negativamente la ingesta de alimento, el metabolismo energético y la función ruminal, lo que se traduce en menores rendimientos productivos.

La mayor producción individual del tratamiento de otoño respecto al tratamiento de invierno durante las semanas 33-35 y 39-40, correspondientes a la lactancia tardía, podría explicarse a través de efectos del clima y la alimentación. Si bien el tratamiento de otoño inicia la lactancia en una época menos favorable en términos de confort térmico y disponibilidad de alimentos de alta calidad, logra una mayor persistencia en la curva de lactancia en comparación con el tratamiento de invierno. En este último, si bien el inicio de la lactancia ocurre en condiciones más favorables, el período de lactancia media coincide con el verano, cuando el estrés calórico y la menor calidad de las pasturas dificultan el mantenimiento de altos niveles productivos. En estas condiciones, el rodeo comienza a reducir su producción individual, alcanzando la lactancia tardía con niveles inferiores a los del tratamiento de otoño, en acuerdo con los resultados obtenidos. Este comportamiento es consistente con lo reportado por Bauman y Currie (1980), quienes señalaron que la persistencia de la lactancia está influenciada por la disponibilidad de nutrientes y las condiciones ambientales. Además, Kadzere et al. (2002) destacaron que el estrés térmico afecta el balance energético de las vacas, lo que puede comprometer su capacidad de producción en los meses más calurosos del año.

5.2.2 Producción y concentración de grasa láctea

En relación con los resultados obtenidos, aunque no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos para la producción total de grasa, sí se evidenciaron tendencias y diferencias específicas en semanas puntuales. La mayor producción de grasa

del tratamiento otoño en la semana 23 respecto al tratamiento de invierno y en la semana 29 respecto al tratamiento de invierno y extendido, puede asociarse a una dieta más favorable y/o condiciones climáticas más propicias para la síntesis de grasa en esos períodos.

Por su parte, el mayor porcentaje de grasa del tratamiento de otoño respecto al tratamiento de invierno entre las semanas 11 y 15-29, y respecto al tratamiento extendido en las semanas 19 y 29 puede asociarse a la menor inclusión de pasturas durante la lactancia temprana. Según Rivero y Anrique (2015) las pasturas templadas de alta calidad no solo tienen un alto contenido de AGPI, sino que también presentan una elevada concentración de azúcares solubles, baja materia seca, bajo contenido de fibra detergente neutra (FDN) y alta digestibilidad. Estas características podrían reducir la rumia y la producción de saliva, lo que disminuiría el efecto amortiguador sobre el pH ruminal y podría contribuir a episodios de depresión de grasa láctea. La baja fibra efectiva de estas dietas puede generar un ambiente ruminal menos estable, favoreciendo la producción de intermediarios de biohidrogenación como el trans-10, cis-12 CLA, que inhiben la síntesis de grasa láctea, lo que explicaría las menores concentraciones de grasa en los tratamientos con mayor proporción de pastura en la dieta.

El tratamiento de invierno mostró un mayor porcentaje de grasa que el tratamiento extendido en las semanas 1-2 y 37, probablemente debido a factores relacionados con la composición de la dieta, como los mencionados anteriormente. A su vez, presentó un menor porcentaje de grasa láctea en las semanas 15-17 respecto al mismo tratamiento. Esto puede explicarse a través del efecto del estrés calórico, al cual se enfrentó el tratamiento de invierno durante la lactancia media, donde el Índice de Temperatura y Humedad (ITH) superó 34 días el umbral de alerta y 21 días el umbral de peligro, mientras que el tratamiento extendido solo se enfrentó a 17 días con ITH por encima del umbral de alerta y 11 días con ITH por encima del umbral de peligro.

De acuerdo con West (2003), el estrés calórico en vacas lecheras genera una disminución en el consumo de materia seca, lo que impacta negativamente en la producción de leche y en la composición de la misma. En particular, la reducción del porcentaje de grasa láctea bajo condiciones de estrés térmico se atribuye a una menor disponibilidad de precursores lipídicos en el rumen, así como a alteraciones en la fermentación ruminal, que pueden derivar en un menor aporte de acetato y butirato, ácidos grasos volátiles esenciales para la síntesis de grasa en la glándula mamaria. Además, el aumento de la frecuencia respiratoria y la sudoración en respuesta al estrés térmico intensifica la movilización de energía hacia mecanismos de disipación del calor, reduciendo la eficiencia en la utilización de nutrientes para la producción láctea y, en consecuencia, afectando la síntesis de grasa en la leche.

5.2.3 Producción y concentración de proteína láctea

Aunque las diferencias entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas a lo largo de todo el período, se observaron variaciones en semanas específicas. La mayor producción de proteína láctea en las semanas 31-35 del tratamiento de otoño en comparación con el tratamiento de invierno, sugiere interacciones importantes entre la dieta, el clima y las demandas metabólicas de los animales.

Dos factores importantes que pueden explicar estas diferencias son: la composición de la dieta y su impacto en el balance energético, junto con las condiciones climáticas a lo largo de la lactancia.

En el tratamiento de otoño, la dieta incluyó una mayor proporción de concentrados y reservas en etapas tempranas y medias de la lactancia (41-52% y 31-33%, respectivamente), proporcionando un aporte más constante de energía y proteína metabolizable. Según Mertens (1994), una dieta con un adecuado suministro energético favorece la síntesis de proteína láctea, especialmente en fases avanzadas de la lactancia.

Por el contrario, en el tratamiento de invierno, la dieta dependió en mayor medida del consumo de pasturas frescas (hasta 57% en lactancia media). Aunque estas pueden aportar proteína de alta calidad, su menor densidad energética, menor concentración de almidón, y la alta degradabilidad ruminal de sus proteínas pudieron haber limitado el suministro de proteína microbiana al intestino, afectando la síntesis de proteína láctea (NRC, 2001).

El mayor porcentaje de proteína en leche en el tratamiento otoño respecto a invierno entre las semanas 11-35 puede atribuirse a su mejor balance energético en lactancia temprana, resultado del alto aporte de concentrados y reservas. A su vez, el tratamiento de otoño experimentó menos días con ITH por encima de 68 en etapas temprana y media (31 para OTO vs 55 para INV), lo que, de acuerdo con West (2003) pudo haber favorecido la ingesta de materia seca y la eficiencia metabólica para la síntesis de proteína láctea.

El tratamiento de invierno mostró mayores picos de ITH en las etapas media (34 días con ITH entre 68-72 y 21 días con ITH entre 72-79) y tardía (24 y 26 días, respectivamente), lo que, en concordancia con Mertens (1994), pudo haber afectado negativamente la eficiencia metabólica y el uso de nutrientes para la síntesis de proteína en leche.

5.3 CONDICIÓN CORPORAL

De acuerdo a los resultados presentados anteriormente, en todos los tratamientos, la condición corporal (CC) disminuyó significativamente en las primeras semanas posparto. Este patrón es típico en vacas lecheras debido al balance energético negativo (BEN) durante la lactancia temprana, donde la demanda energética para la producción de leche excede la capacidad de ingesta (Roche, et al, 2009).

El balance energético negativo (BEN) en vacas lecheras durante el inicio de la lactancia promueve la movilización de reservas corporales para cubrir los requerimientos de nutrientes destinados a la producción de leche, lo que explica la pérdida de condición corporal (Grigera & Bargo, 2005). A partir del día 270 posparto, las vacas comienzan a recuperar la condición corporal, coincidiendo con la reducción en la producción láctea y una mejora en el balance energético. Esta recuperación es fundamental para que las vacas puedan enfrentar la siguiente lactancia de manera eficiente (Irigoyen, 1997).

El tratamiento de otoño y extendido ($CC = 3$ y $2,99$ respectivamente) presentaron mayor condición corporal que el tratamiento de invierno ($2,87$). Estos resultados pueden explicarse a través de la composición de la dieta de los tratamientos de otoño y extendido, los cuales accedieron a una mayor proporción de concentrados y reservas en momentos críticos (lactancia temprana) que pudo haber reducido el impacto del BEN, reduciendo la movilización de sus reservas corporales, al menos al comparar con el tratamiento invierno.

A su vez, en comparación con el tratamiento otoño, el tratamiento de invierno enfrentó en las etapas media y tardía un mayor estrés térmico (58 días con ITH entre 68-72, 47 días entre 72-79), lo que también pudo desviar recursos hacia la termorregulación en detrimento de la energía destinada a recuperar condición corporal.

6. CONCLUSIONES

El presente estudio evaluó el efecto de la época de parto sobre la producción y composición de leche en vacas manejadas en sistemas pastoriles en Uruguay. Se compararon tres tratamientos diferenciados por la época de parto: otoño (OTO), invierno (INV) y un período extendido de otoño e invierno (EXT). A partir de los resultados obtenidos en el primer año se pueden establecer las siguientes conclusiones, que son preliminares en la medida de que el proyecto aún no finalizó:

Si bien no se encontraron diferencias significativas en la producción individual de leche corregida entre los tratamientos, se encontraron diferencias en la dinámica de las curvas de lactancia. El tratamiento INV mantuvo la producción al pico durante más tiempo, lo que estuvo asociado a una menor condición corporal, pero luego presentó una menor persistencia respecto a OTO y EXT. Mientras que el tratamiento OTO presentó mayores porcentajes de grasa y proteína en la leche en comparación con los tratamientos INV y EXT.

Dado que los sistemas pastoriles en Uruguay presentan condiciones variables de precipitación y temperatura, los resultados sugieren que concentrar los partos en otoño podría mejorar la composición de la leche sin afectar la producción individual. Sin embargo, la elección de la época de parto debería considerar tanto la disponibilidad de forraje como las condiciones climáticas predominantes.

Se destaca que es posible alcanzar niveles similares de producción de leche independientemente de la época de parto en sistemas lecheros pastoriles de Uruguay, aun cuando estos impongan distintas condiciones ambientales y de oferta de pastura a los animales, reflejando la flexibilidad inherente a estos sistemas.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Auldish, M. J., Walsh, B. J., & Thomson, N. A. (1997). Seasonal and lactational influences on milk composition in New Zealand. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 57, 205-206.
<https://www.nzsap.org/system/files/proceedings/1997/ab97060.pdf>
- Bagnato, G. (2010). *Situación y perspectivas de la lechería uruguaya: Enero – Diciembre 2010*. INALE. <https://www.inale.org/wp-content/uploads/2010/12/Situaci%C3%B3n-y-perspectivas-lecher%C3%ADa-uruguay-2010.pdf>
- Bargo, F. (2003). *Suplementación en pastoreo: Conclusiones sobre las últimas experiencias en el mundo*.
<https://www.agro.uba.ar/sites/default/files/documentos/publicaciones/bargo.pdf>
- Bauman, D. E., & Currie, W. B. (1980). Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *Journal of Dairy Science*, 63(9), 1514-1529. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)83111-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)83111-0)
- Bernabucci, U., Lacetera, N., Baumgard, L. H., Rhoads, R. P., Ronchi, B., & Nardone, A. (2010). Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal*, 4(7), 1167-1183.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S175173111000090X/pdf?md5=84812647f03dbdc1cadfebc633cf75&pid=1-s2.0-S175173111000090X-main.pdf>
- Bryant, J. R., Ogle, G., Marshall, P. R., Glassey, C. B., Lancaster, J. A. S., García, S. C., Holmes, C. W. (2010). Description and evaluation of the Farmax Dairy Pro decision support model. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 53, 13-28. <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/00288231003606054?needAccess=true>
- Cabrera, V. E., & Kalantari, A. S. (2016). Economics of production efficiency: Nutritional grouping of the lactating cow. *Journal of Dairy Science*, 99, 825-841. <https://www.journalofdairyscience.org/action/showPdf?pii=S0022-0302%2815%2900773-0>
- Comeron, E. A. (2007). *Eficiencia productiva de los sistemas lecheros en zonas templadas (con especial referencia a América Latina y Argentina)*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/116-eficiencia.pdf

- Custodio Prados, D. (2022). *Efectos del incremento de carga en variables bioeconómicas en sistemas de producción de leche* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/35843>
- Edmonson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L. D., Farver, T., & Webster, G. (1989). A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 72(1), 68-78.
- Fariña, S., Tuñón, G., Pla, M., & Martínez, R. (2017). *Sistema de pastoreo La Estanzuela: Guía práctica para la implementación de un sistema de pastoreo*. INIA. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7228/1/bd-115-2017.pdf>
- Fariña, S. R., & Chilbroste, P. (2019). Opportunities and challenges for the growth of milk production from pasture: The case of farm systems in Uruguay. *Agricultural Systems*, 176, Artículo e102631. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.05.001>
- Food and Agriculture Organization. (2023). *Dairy Market Review: Emerging trends and outlook in 2023*. <https://openknowledge.fao.org/bitstreams/68f7f25d-b3cb-418e-b04d-5708e5bcea1e/download>
- Gallardo, M., & Valtorta, S. (2007). *Estrategias de manejo nutricional y ambiental para el verano*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/bienestar_en_bovinos/59-IDIA-valtorta-gallardo-2007.pdf
- García, S. C. (2002). Desafíos y oportunidades para el establecimiento de sistemas estacionales de producción de leche en Argentina y Uruguay. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Org.), *X Congreso Latinoamericano de Buiatría: XXX Jornadas Uruguayas de Buiatría* (pp. 97-106). https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/466/JB2002_97-106.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- García, S. C., & Holmes, C. W. (1999). Effects of time of calving on the productivity of pasture-based dairy systems: A review. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 42(3), 347-362. <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/00288233.1999.9513384?needAccess=true>
- García, S. C., & Holmes, C. W. (2001). Lactation curves of autumn- and spring-calved cows in pasture-based dairy systems. *Livestock Production Science*, 68(2-3), 189-203. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00237-2](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00237-2)

- García, S. C., & Holmes, C. W. (2005). Seasonality of calving in pasture-based dairy systems: its effects on herbage production, utilization and dry matter intake. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 45(1), 1-9.
<https://doi.org/10.1071/EA00110>
- Google Earth. (s.f.). [El Semillero, Colonia, Uruguay. Mapa]. Recuperado el 23 de mayo de 2023, de https://earth.google.com/web/search/INIA+la+estanzuela/@-34.33725969,-57.68994541,75.44880856a,1221.42870641d,35y,0h,0t,0r/data=C_oEBGIMSTQoIMHg5NWEzNzRmZmMwZDU0ZjlmOjB4YjgwY2QxZGYxZDI0YTNIMBmPVN_5RStBwCGSU-AJYthMwCoSSU5QSBsYSBlc3RhbnplZWxhGAEGASImCiQJ8ZliMFRcNUAR8pliMFRcNcAZXTLULI5vSUAhBtEeN99ESsBCAggBOgMKATBCAggASgOI_____ARAA
- Grant, R. J., & Albright, J. L. (2001). Effect of animal grouping on feeding behavior and intake of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 84(E. Suppl.), E156-E163.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002203020170210X/pdf?md5=2a8de8194238730a29559ff83b306518&pid=1-s2.0-S002203020170210X-main.pdf>
- 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/45-cc_lecheras.pdf
- Hernández, A. (2011). Complejo lechero. En M. Vassallo (Ed.), *Dinámica y competencia intrasectorial en el agro: Uruguay 2000–2010* (pp. 53-71). Universidad de la República. https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/3870/1/Fagro_Vasallo_2012-03-13_webO.pdf
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2024). *Banco de datos agroclimáticos*. https://inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico?_gl=1*1yirsqm*_ga*MTUyMTc4MzU5LjE3NDc4NTczNDk.*_ga_HXQGFXLPFR*cZE3NDgwMzI5NjgkbzMkZzEkdDE3NDgwMzMxNTkkajAkbDAkaDA
- International Dairy Federation. (2003). *New applications of mid-infra-red spectrometry for the analysis of milk and milk products*. https://www.fil-idf.org/wp-content/uploads/woocommerce_uploads/2003/03/B383_2003_New-Applications-of-Mid-Infra-Red-Spectrometry_Advancement-in-Analytical-Techniques-Secured-0fss5y.pdf
- International Organization for Standardization. (2013). *ISO 9622:2013: Milk and liquid milk products: Guidelines for the application of mid-infrared spectrometry*. <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:9622:ed-2:v1:en>

- Irigoyen, A. (1997). *Alimentación de la vaca lechera preparto*. Plan agropecuario. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3852/1/Alimentacion-de-la-vaca-lechera-preparto-Cartilla-1-1997.pdf>
- Kadzere, C. T., Murphy, M. R., Silanikove, N., & Maltz, E. (2002). Heat stress in lactating dairy cows: A review. *Livestock Production Science*, 77(1), 59-91. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00330-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00330-X)
- Macdonald, K. (2014, 12 de mayo). *The viability of milk production in pasture-based systems* [Contribución]. XXIV Congresso Brasileiro de Zootecnia, Vitória, ES, Brasil. <https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/zootecnia/SANDRAAI DARDEQUEIROZ/leite-nz.pdf>
- Macdonald, K. A., Penno, J. W., Lancaster, J. A. S., & Roche, J. R. (2008). Effect of stocking rate on pasture production, milk production, and reproduction of dairy cows in pasture-based systems. *Journal of Dairy Science*, 91(5), 2151-2163.
- Méndez, M. N., Chilibraste, P., & Aguerre, M. (2019). Pasture dry matter intake per cow in intensive dairy production systems: Effects of grazing and feeding management. *Animal*, 14(4), 846-853. <https://doi.org/10.1017/S1751731119002349>
- Méndez, M. N., Grille, L., Mendina, G. R., Robinson, P. H., Adrien, M. de L., Meikle, A., & Chilibraste, P. (2023). Performance of autumn and spring calving Holstein dairy cows with different levels of environmental exposure and feeding strategies. *Animals*, 13, Artículo e1211. <https://www.mdpi.com/2076-2615/13/7/1211/pdf?version=1680420759>
- Mertens, D. R. (1994). Regulation of forage intake. En G. C. Fahey Jr. (Ed.), *Forage quality, evaluation, and utilization* (pp. 450-493). American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America.
- Mulkerrins, M., Beecher, M., McAloon, C. G., & Macken-Walsh, Á. (2022). Implementation of compact calving at the farm level: A qualitative analysis of farmers operating pasture-based dairy systems in Ireland. *Journal of Dairy Science*, 105(7), 5822-5835. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21320>
- National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle* (7th rev. ed.). National Academies Press.
- National Resources Conservation Service. (2007). *Profitable grazing-based dairy systems*. USDA. https://www.uvm.edu/d10-files/documents/2024-10/Profitable_Grazing_Dairy_Systems.pdf

- Oba, M., & Allen, M. S. (1999). Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: Effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 82(3), 589-596.
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2011). *Estadísticas del sector lácteo 2010*. MGAP. https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/estadisticas_del_sector_lacteo_-_ano_2010_-_noviembre_2011_no_304.pdf
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2017). *Estadísticas del sector industrial lácteo 2016*. MGAP. https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/publicacion_para_la_web.pdf
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2018). *Estadísticas del sector lácteo 2017*. MGAP. https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/informe_final.pdf
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2020). *Estadísticas del sector lácteo 2019*. MGAP. https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/informe_final.pdf
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2021). *Estadísticas del sector lácteo 2020*. MGAP. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2021-11/Estad%C3%ADsticas%20L%C3%A1cteas%202021vf.pdf>
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2022). *Anuario Estadístico Agropecuario 2022*. MGAP. https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2022/O_MGAP_Anuario_estad%C3%ADstico_%202022-DIGITAL.pdf
- Ortega, G., Berberian N., Chilibroste, P. (2024). The effects of stocking rate, residual sward height, and forage supplementation on forage production, feeding strategies, and productivity of milking dairy cows. *Frontiers in Animal Science*, 5, Artículo e1319150. <https://www.frontiersin.org/journals/animal-science/articles/10.3389/fanim.2024.1319150/pdf>
- Pedemonte, A., Chamian, K., & Vázquez, P. (Eds.). (2021). *Situación y perspectivas de la lechería uruguaya: Período: Enero – diciembre 2020*. INALE. <https://www.inale.org/wp-content/uploads/2021/06/Situacion-y-Perspectivas-lecheria-uruguay-2020-3.pdf>

- Pedemonte, A., & Peri, M. (2023). *Situación y perspectivas de la lechería uruguaya: Período: Enero – diciembre 2022*. INALE. <https://www.inale.org/wp-content/uploads/2023/07/Situacion-y-Perspectivas-de-la-lecheria-ano-2023.pdf>
- Pedemonte, A., & Vázquez, P. (Eds.). (2019). *Situación y perspectivas de la lechería uruguaya: Período: Enero – diciembre 2018*. INALE. <https://www.inale.org/wp-content/uploads/2019/06/Situaci%C3%B3n-y-perspectivas-lecher%C3%ADa-uruguaya-2018.pdf>
- Pedemonte, A., & Vázquez, P. (Eds.). (2020). *Situación y perspectivas de la lechería uruguaya: Período: Enero – diciembre 2019*. INALE. https://www.inale.org/wp-content/uploads/2020/06/Situaci%C3%B3n-y-Perspectivas-lecher%C3%ADa-uruguaya-2019_comp.pdf
- Pedemonte, A., & Vázquez, P. (Eds.). (2022). *Sistemas de producción de leche de Uruguay: En base a encuesta lechera 2019*. INALE. https://www.inale.org/wp-content/uploads/2022/09/inale_sistemas-de-produccion-lechero.pdf
- Pedemonte, A., Vázquez, P., & Chamyan, K. (Eds.). (2022). *Situación y perspectivas de la lechería uruguaya: Período: Enero – diciembre 2021*. INALE. <https://www.inale.org/wp-content/uploads/2022/05/Situacionyperspectivasversiofinal-1.pdf>
- Rivero, M. J., & Anrique, R. (2015). Milk fat depression syndrome and the particular case of grazing cows: A review. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science*, 65(1), 42-54. <https://doi.org/10.1080/09064702.2015.1052545>
- Roche, J. R., Friggens, N. C., Kay, J. K., Fisher, M. W., Stafford, K. J., & Berry, D. P. (2009). Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *Journal of Dairy Science*, 92(12), 5769-5801. <https://www.journalofdairyscience.org/action/showPdf?pii=S0022-0302%2809%2971299-8>
- Spaans, O. K., Macdonald, K. A., Neal, M., Auldist, M. J., Lancaster, J. A. S., Bryant, A. M., Doole, G. J., & Roche, J. R. (2019). A quantitative case study assessment of biophysical and economic effects from altering season of calving in temperate pasture-based dairy systems. *Journal of Dairy Science*, 102(12), 11523-11535. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15911>
- Stirling, S., Delaby, L., Mendoza, A., & Fariña, S. (2021). Intensification strategies for temperate hot-summer grazing dairy systems in South America: Effects of feeding strategy and cow genotype. *Journal of Dairy Science*, 104(12), 12647-12663. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20507>

- Waller Bárcena, A. C. (2020). *Análisis de metodología para el monitoreo de pasturas en predios comerciales* [Tesis de maestría, Universidad de la República]. Colibri. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/32561/1/WallerAlicia.pdf>
- Weiss, B. (2019). *Setting nutrient specifications for formulating diets for groups of lactating dairy cows*. DAIReXNET. <https://dairy-cattle.extension.org/setting-nutrient-specifications-for-formulating-diets-for-groups-of-lactating-dairy-cows/>
- West, J. W. (2003). Effects of heat stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 86(6), 2131-2144.