# REDUCCIÓN DE LA FRECUENCIA DE ORDEÑO DURANTE UNA SEMANA EN VACAS LECHERAS EN SISTEMA MIXTO: PRODUCCIÓN, SALUD DE LA GLÁNDULA MAMARIA Y COMPORTAMIENTO

**AUTOR:** GALIANO, Leandro

POLO EDUCATIVO TECNOLOGICO PAYSANDU 1

TECNICATURA AGRICOLA GANADERA

PROYECTO FINAL

**TUTORES:** DMTV. PhD. GIL, Jorge; DCV. Msc. PONS, Victoria;
DCV. Msc. COMESAÑA, Manuela; Ing. Agr. MELLO, José Luis

Junio, 03 de 2026

Paysandú, Uruguay

# PÁGINA DE APROBACIÓN

Proyecto aprobado por:

_____

Nombre completo y firma

_____

Nombre completo y firma

_____

Nombre completo y firma

_____

Nombre completo y firma:

Fecha:

Lugar:

_____

Nombre completo y firma

## RESUMEN

La reducción de la frecuencia de ordeño de 2 vs 1 vez al día, resulta una alternativa de manejo en sistemas lecheros, que puede tener influencia sobre la producción, salud de la glándula mamaria y el comportamiento animal. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de la reducción temporal de dos ordeños a uno diario durante una semana en vacas lecheras, bajo un sistema mixto (pastoreo con suplementación).

El estudio fue realizado en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”, utilizando 46 vacas Holstein, donde 18 eran primíparas y 28 multíparas, distribuidas en dos tratamientos; un ordeño diario (1OD) y dos ordeños diarios (2OD). Se registraron variables productivas en producción de leche, composición de leche, recuentos de células somáticas, incidencia de mastitis y comportamiento animal.

Los resultados obtenidos evidenciaron disminución significativa en producción de leche durante la semana de reducción, con descensos de 33% en vacas multíparas y 35% en vacas primíparas. No se observaron efectos posteriores sobre la producción, lo que indica una recuperación inmediata al retomar la frecuencia de ordeño normal (dos ordeños). Con respecto a la composición, se registró un aumento del porcentaje de grasa durante la reducción, mientras que en el porcentaje de proteína no presento diferencias significativas. No se detectaron efectos relevantes sobre la salud de la glándula mamaria, sin incrementos importantes en la incidencia de mastitis clínicas. En cuanto a comportamiento se detectaron diferencias significativas durante el periodo de reducción, evidenciando cambios en los patrones de actividad de los animales.

En síntesis, la reducción temporal de la frecuencia de ordeño durante una semana disminuye la producción de leche durante ese periodo, sin generar efectos negativos persistentes sobre la salud de la glándula mamaria, modificando patrones de comportamiento animal, con una recuperación inmediata de la producción de leche.


Palabras claves: frecuencia de ordeño, vacas lecheras, producción de leche, mastitis, comportamiento animal.

## AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo concluye una etapa formación muy importante para mí, donde agradezco principalmente a todo el apoyo brindado por mi familia y amigos.

Quiero expresar mi mayor agradecimiento a la institución, por brindarme la formación académica y las herramientas necesarias para poder llevar a cabo este trabajo final.

Gracias a mis tutores Victoria Pons y Jorge Gil por darme la posibilidad de llevar a cabo este trabajo junto a ellos. Además, por la enseñanza, paciencia y apoyo que me brindaron en todo momento, fue una de mis mejores experiencias haber llevado adelante este trabajo con ustedes.

A docentes, adscriptos y coordinadora que en el transcurso de toda la carrera me guiaron y acompañaron, aportando conocimientos y experiencias.

A todos los operarios de la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”, en especial aquellos del tambo, que compartieron su experiencia en el rubro (Leonardo, Leon, Matias, Martin, Nelson, Wili, Luis y Fabricio).

A todos los estudiantes y laboratorista que participaron dentro del experimento, en especial a Micaela, Gisela, Edgardo, Cintia y Rodrigo.

Agradecer a mis tutores de la institución, por la enseñanza, comprensión y apoyo para que este proyecto pudiese salir adelante, gracias José Luis y Gustavo.

Gracias al equipo de Producción animal y Pasturas, que cada semana transmitieron conocimientos en el área (Carolina, Catalina y Diego).

## LISTA DE SIGLAS

1OD. Un ordeño diario *(Pagina: 3, 8, 9, 26, 31, 32, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42)*.

2OD. Dos ordeños diarios *(Pagina: 3, 8, 9, 26, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42)*.

BHB. B-hidrobuxirato *(Pagina: 23)*.

CC. Condición Corporal *(Pagina: 25)*.

CEUA. Comisión de Ética en el Uso de Animales *(Pagina: 24)*.

CMT. California Mastitis Test *(Pagina: 20)*.

DPP. Días posparto *(Pagina: 30)*.

EEMAC. Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” *(Pagina: 24)*.

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura *(Pagina: 12, 15, 46)*.

INALE. Instituto Nacional de la Leche *(Pagina: 12, 16, 47, 49)*.

PV. Peso vivo *(Pagina: 25)*.

RCS. Recuento de células somáticas *(Pagina: 12, 20, 21, 31, 41)*.

TMR. Total Mixed Ration (Ración Totalmente Mezclada), *(Pagina: 12, 25, 28, 29, 30)*.

# ÍNDICE

PÁGINA DE APROBACIÓN ..... 2
RESUMEN ..... 3
AGRADECIMIENTOS ..... 4
LISTA DE SIGLAS ..... 5
1. INTRODUCCIÓN ..... 10
2. HIPÓTESIS ..... 11
3. OBJETIVOS ..... 11
3.1 General ..... 11
3.2 Específicos ..... 11
4. MARCO TEÓRICO ..... 12
4.1 Sistemas de producción de leche en Uruguay ..... 12
4.2 Anatomía y fisiología de la glándula mamaria bovina ..... 13
4.2.1Desarrollo de la glándula mamaria ..... 14
4.3 Composición de la leche. ..... 15
4.4 Mastitis bovina ..... 16
4.4.1 Células somáticas. ..... 16
4.4.2 Clasificación de las mastitis ..... 16
4.4.3 Principales agentes causantes de las mastitis ..... 17
*4.4.4 Factores predisponentes* ..... 17
*4.4.4.1 Manejo de la sala de ordeño* ..... 17
4.4.4.2 Higiene ..... 18
4.4.4.3 Nutrición ..... 18
4.4.4.4 Mecanismos de defensa ..... 18
4.4.4.5 Clima ..... 18
4.4.4.6 Piso y flujo ..... 19
4.4.5 Impacto económico y productivo ..... 19
4.5 Diagnóstico de mastitis ..... 19
4.5.1 Observación clínica ..... 19
4.5.2 Test de California Mastitis Test (CMT) ..... 20
4.5.3 Recuento de Células Somáticas (RCS) ..... 20
4.5.4 Cultivo bacteriológico ..... 20

4.5.5 Tratamiento de las mastitis ..... 21
4.6 Cambio de frecuencia de ordeños ..... 21
5. MATERIALES Y MÉTODOS ..... 23
5.1 Localización y periodo experimental ..... 23
5.2 Tratamientos y diseño experimental ..... 24
5.3 Animales y manejo ..... 25
5.4 Registro de producción de leche ..... 29
5.5 Colecta de muestras y análisis de composición de la leche ..... 29
5.6 Detección de vacas con mastitis ..... 30
5.7 Comportamiento ..... 30
5.8 Análisis estadístico ..... 30
6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN ..... 31
6.1 Producción de leche ..... 31
6.2 Composición de leche ..... 32
6.2.1 Porcentaje Grasa ..... 32
6.2.2 Porcentaje Proteína ..... 33
6.2.3 Porcentaje Lactosa ..... 34
6.2.4 Kilogramos de Grasa ..... 34
6.2.5 Kilogramos de Proteína ..... 35
6.2.6 Kilogramos Totales ..... 36
6.3 Salud de la glándula mamaria ..... 38
6.3.1 Mastitis clínica ..... 38
6.3.2 Mastitis subclínica ..... 38
6.4 Comportamiento ..... 39
7 DIAGRAMA DE GANTT ..... 41
8 CONCLUSIONES ..... 41
9 ANÁLISIS FODA ..... 42
10 BIBLIOGRAFÍA ..... 42

## ÍNDICE DE CUADROS

**Cuadro 1:** Composición de la dieta entre los 40-60 días posparto…….....29
**Cuadro 2:** Composición de la dieta posterior a los 60 días…….....29
**Cuadro 3:** Vacas enfermas con mastitis clínica durante todo el periodo experimental en vacas del grupo 1OD y 2OD, expresado sobre el total de vacas, en primíparas y multíparas…….....…40

## ÍNDICE DE FIGURA

**Figura 1:** Mapa de localización…….....23
**Figura 2:** Animales experimentales posterior al ordeño donde se visualiza la cinta roja que la identifica como vaca 1OD……..25
**Figura 3:** Animales experimentales posterior al ordeño donde se visualiza la cinta roja que la identifica como vaca 2OD……..…25
**Figura 4:** Distribución de los animales experimentales dentro de la cama caliente…….……26
**Figura 5:** Frascos de control lechero y planilla de campo…….....26
**Figura 6:** Mapa de los potreros donde pastorearon los animales experimentales y sus respectivos caminos……27
**Figura 7:** Animal experimental pastoreando Lolium multiflorum……..….....28
**Figura 8:** Animal experimental pastoreando Avena sativa…….....28
**Figura 9:** Producción de leche diaria desde el parto hasta la semana 22 (semana 11 = reducción de la frecuencia de ordeño) de los grupos 1 OD (línea roja) y 2 OD (línea amarilla) en vacas multíparas (A) y primíparas (B)……..…32
**Figura 10:** Porcentaje de grasa en leche en los grupos 1OD (Rojo) y 2OD (Amarillo), en las dos semanas antes (semana 1 y 2) a la reducción de la frecuencia de ordeño, la semana de la reducción (semana 3) y las dos semanas posteriores (semana 4 y 5) ……..….....33
**Figura 11:** Kilogramos de grasa en leche en los grupos 1OD (Rojo) y 2OD (Amarillo), en las dos semanas antes (semana 1 y 2) a la reducción de la frecuencia de ordeño,

la semana de la reducción (semana 3) y las dos semanas posteriores (semana 4 y 5)…….....35
**Figura 12:** Kilogramos de proteína en leche en los grupos 1OD (Rojo) y 2OD (Amarillo), en las dos semanas antes (semana 1 y 2) a la reducción de la frecuencia de ordeño, la semana de la reducción (semana 3) y las dos semanas posteriores (semana 4 y 5) …….....36
**Figura 13:** Kilogramos de solidos totales en leche en los grupos 1OD (Rojo) y 2OD (Amarillo), en las dos semanas antes (semana 1 y 2) a la reducción de la frecuencia de ordeño, la semana de la reducción (semana 3) y las dos semanas posteriores (semana 4 y 5) …….....….....37
**Figura 14:** Comportamiento (tiempo comiendo) en los grupos 1OD (Rojo) y 2OD (Amarillo), en la semana previa a la reducción (Pre), en la semana de la reducción (Red) y una semana posterior (Pos)…….....……40

# 1. INTRODUCCIÓN

En sistemas pastoriles de producción de leche las vacas se encuentran con importantes desafíos fisiológicos en el período postparto temprano (Sepúlveda, 2017), en este momento el animal debe adaptar su metabolismo para poder sustentar una alta producción en condiciones exigentes energéticamente. Al inicio, este proceso es acompañado por un balance energético negativo, con repercusión en la producción y reproducción. Con referencia a esto, el manejo en el ordeño y particularmente en este caso la frecuencia, toma gran relevancia, debido a su incidencia sobre los requerimientos energéticos diarios del animal, por ende, sobre su fisiología general y la estabilidad entre producción y bienestar.

En sistemas pastoriles o mixtos, el animal tiene una dependencia en gran medida a la disponibilidad de forraje y a las condiciones climáticas. La oportunidad de implementar una reducción temporal en la frecuencia de ordeños (un ordeño vs dos ordeños diarios), se plantea como una alternativa interesante con el fin de determinar efectos sobre características reproductivas durante la fase luteal temprana en vacas lecheras al finalizar el período de espera voluntario. Sin embargo, la reducción de la frecuencia de ordeño podría acarrear descensos en producción de leche, mayores casos de mastitis, y afectar el comportamiento animal, perjudicando el bienestar animal, aspectos que actualmente no han sido estudiados en conjunto.

Este trabajo tiene un gran nivel de importancia técnica por la generación de información valiosa respecto a los cambios fisiológicos y conductuales en las vacas en ordeño bajo este régimen.

En Nueva Zelanda se han realizado ordeños una vez al día y sus efectos con respecto a la salud mamaria y producción en sistemas extensivos, concluyendo en que esto es aplicable con un buen manejo, en lactancia temprana y media (Edwards, 2009). En Francia se realizó una investigación teniendo en cuenta producción de leche, condición corporal, metabolismo energético y fertilidad obteniendo resultados de una reducción del 20-30% de producción en vacas multíparas, este trabajo fue realizado en postparto temprano, mantenido durante toda la lactancia. Los animales se encontraban en sistema estabulado (Rémond, 2004). En Estados Unidos se evaluó el comportamiento como descanso, rumia y estrés por presión mamaria, donde se concluyó que las vacas

con reducción del ordeño tenían un mayor descanso y menor molestias físicas, la investigación fue durante lactancia temprana y fue bajo un sistema mixto de alimentación (Tucker, 2009). En Reino Unido se investigó sobre la incidencia que tenía este manejo sobre la mastitis y recuento de células somáticas donde se obtuvo como conclusión que la mastitis clínica no aumentó, pero si hubo un leve aumento de células somáticas, este trabajo fue realizado durante toda la lactancia y en un sistema pastoril (Ohnstad, 2006).

## 2. HIPÓTESIS

La reducción de la frecuencia de ordeño durante una semana disminuye la producción, sin efectos negativos en la salud de la glándula mamaria y el comportamiento durante el periodo de reducción en vacas primíparas y multíparas, sin efectos posteriores en la lactancia.

## 3. OBJETIVOS

### 3.1 General

Evaluar el impacto de la reducción temporal en la frecuencia de ordeño sobre la producción y composición de leche, la salud de la glándula mamaria y el comportamiento en un sistema mixto (pastoreo con suplementación), en vacas primíparas y multíparas.

### 3.2 Específicos

Determinar el efecto de la reducción temporal en la frecuencia de ordeño sobre:

- La producción (litros) y composición de la leche (grasa, proteína, sólidos totales) en vacas primíparas y multíparas.
- El comportamiento (actividad, rumia y alimentación) de las vacas primíparas y multíparas.
- La salud de la glándula mamaria, teniendo en cuenta indicadores como el Recuento de Células Somáticas (RCS) y casos de mastitis clínicas en vacas primíparas y multíparas.

# 4. MARCO TEÓRICO

## 4.1 Sistemas de producción de leche en Uruguay

En las últimas tres décadas la producción lechera mundial ha tenido un aumento del 77%, correspondiendo a esto con un crecimiento de 524 millones de toneladas en 1992, a 930 millones de toneladas en el 2022, detrás de toda esta producción están los más de 150 millones de establecimientos lecheros. La India ocupa el primer lugar como mayor país productor de leche con el 23% del total de la producción, quedando por debajo Estados Unidos, Pakistán, China y Brasil (FAO, 2024).

En sistemas pastoriles, la industria láctea de Nueva Zelanda presentó un crecimiento en la producción de leche en los últimos 30 años (1991 a 2021), donde Uruguay, también manifestó un incremento durante 1991 a 2001, alcanzando su máximo durante los años del 2001 a 2011; durante la última década no hemos presentado crecimiento (Chilibroste, 2021).

Nuestro país mantiene una producción anual consideradamente estable en torno a 2300 millones de litros, con variaciones mensuales y estacionales (INALE, 2024).

La industria lechera uruguaya ha crecido en producción y orientación exportadora a un ritmo promedio anual de aproximadamente el 4%, superando el crecimiento global del PBI agrícola que ronda en 2,6% anual (Chilibroste, 2021). Desde el 1980 Uruguay está orientado hacia el mercado externo, teniendo en cuenta que el 70% de la producción es exportada, principalmente como leche en polvo, queso y manteca, ocupando el noveno lugar como exportador mundial de productos lácteos (Inale, 2025).

En los sistemas pastoriles es frecuente la utilización de sistemas mixtos de alimentación, que combinan el pastoreo con la suplementación en confinamiento, donde se ofrece a las vacas una ración total mezclada (TMR) que incluye forraje y concentrados en una única mezcla, lo que permite un manejo nutricional controlado para maximizar la salud y la producción de leche (CEVA, 2021).

Los sistemas mixtos han sido implementados para un aumento en la producción individual en los sistemas con acceso a pastoreo, ya que debido a la mayor área requerida por animal en estos sistemas es necesario aumentar la producción individual en base a alimentos conservados en la búsqueda de mejorar la productividad de los sistemas lecheros. Los sistemas mixtos logran generar un balance óptimo entre eficiencia

económica, productividad y sostenibilidad (Bargo y col., 2008). Estos sistemas son característicos en Uruguay ya que más del 70 % de los tambos lo implementa, predominando la base pastoril para la alimentación de las vacas en ordeño, por una razón económica y de sostenibilidad (Chilibroste et al. 2024). Se realizan suplementaciones en momentos críticos como en el otoño (por la implantación de las praderas y verdeos) y verano (disminución de la tasa de crecimiento y cuidado de las praderas), para poder lograr el nivel de la producción y estado corporal del animal. Estos sistemas combinan la base pastoril (uso de praderas naturales o sembradas), suplementación estratégica (uso de concentrados, silo de maíz/sorgo y subproductos industriales) e infraestructuras moderadas como sala de espera techada, cama caliente, plazas de comidas, sin ser necesario la estabulación total. Este tipo de sistema se distribuye principalmente en departamentos como Colonia, San José, Florida, Canelones y Paysandú. Combinando la eficiencia productiva con el aprovechamiento de recursos naturales de cada zona.

Los sistemas pastoriles tienen beneficios con respecto a la composición de la leche, por lo general presenta aumento en el contenido de grasa, una menor proporción de ácidos grasos insaturados, mayor contenido de ácido linoleico conjugado y omega-3, que tienen beneficios para la salud humana, la única desventaja de este es la variabilidad entre estaciones del año, teniendo en cuenta que estos beneficios son en comparación con un sistema totalmente estabulado (Román et al., 2022). En cuanto a la percepción del consumidor, este sistema cuenta con gran ventaja por la preferencia de productos “grass-fed” donde son considerados más naturales, producidos éticamente y más saludables (Cheng et al., 2024).

### 4.2 Anatomía y fisiología de la glándula mamaria bovina

La glándula mamaria consta de cuatro cuartos mamarios, funcionando cada glándula independientemente, el interior de cada cuarto mamario consta de un tejido secretor, cisterna del pezón, cisterna de la glándula y numerosos conductos galactóforos (Nickerson, 1985).

La glándula mamaria contiene millones de sacos microscópicos denominados alvéolos en cada uno de estos está incluido las células epiteliales (lactocitos) que también está rodeada de capilares sanguíneos y células mioepiteliales, además se presentan en conjuntos encapsulados por tejido conjuntivo (115 a 220 alvéolos) y tienen un tamaño de

7-8 mm de diámetro, donde forman lobulillos, el conjunto de lobulillos dentro del tejido conectivo forma lóbulos (Nickerson & Akers, 2011).

La leche se forma por sustancias sanguíneas que pasan hacia los alvéolos mamarios, específicamente los lactocitos que son los encargados de la síntesis, posteriormente la leche es drenada a los espacios alveolares y terminan desembocando en la cisterna glandular. Este último se comunica con la cisterna del pezón, a través de una constricción formada por un anillo de vasos venosos denominado roseta de Furstenberg (Farinango, 2015). Para facilitar la eyección de la leche, las células mioepiteliales que rodean a los alvéolos y los conductos se contraen en respuesta a la oxitocina. La estimulación del pezón, desencadena un estímulo neuroendocrino, que viaja a través de la médula espinal hasta el hipotálamo, allí se produce la estimulación de las neuronas de los núcleos supraóptico y paraventricular, mediante el reflejo hipotálamo-hipofisario, la neurohipófisis sintetiza y libera la oxitocina. El estrés o la excitación, pueden inhibir la liberación de oxitocina de la hipófisis o la unión de la oxitocina a las células mioepiteliales, lo que evita la eyección de leche (Nickerson & Akers, 2011).

### *4.2.1Desarrollo de la glándula mamaria*

En la vaca adulta, el ciclo de lactancia se divide en fases consecutivas, como lo son la mamogénesis, lactogénesis, galactopoyesis e involución. Se encuentran tres categorías de hormonas involucradas: hormonas reproductivas (estrógenos, progesterona, lactógeno-placentaria, prolactina y oxitocina) actuando específicamente sobre la glándula mamaria, hormonas del metabolismo (hormona crecimiento, corticosteroides, tiroides, insulina) que tienen efectos sobre todo el cuerpo, y habitualmente sobre la glándula y por último, hormonas de producción local como la hormona de crecimiento, prolactina, para tiroidea-peptídica (PTHrp) y leptina (hormona con síntesis en el tejido adiposo, además en la glándula mamaria) (Glauber, 2007).

La lactogénesis corresponde a la segunda fase del proceso y se manifiesta en el inicio de la producción de leche, cuando los tejidos de la glándula mamaria adquieren actividad funcional hacia el último tercio de la gestación y los primeros días de lactancia. Ésta marca el comienzo de síntesis y secreción de leche por parte de las células epiteliales de los alveolos mamarios. Durante esta etapa, se suman y procesan los nutrientes, proteínas y demás componentes necesarios para la producción de leche. La

galactopoyesis es la fase del mantenimiento de la actividad secretora de leche durante todo el periodo de lactación, las hormonas responsables de esto son la hormona del crecimiento, adrenocorticotropa y la tirotropina. La involución se refiere a la regresión gradual de la glándula mamaria después de cumplir su función durante la lactación fisiológica. El curso de eventos durante esta etapa es importante dado que tiene impacto sobre la futura lactancia (Glauber, 2007).

### 4.3 Composición de la leche.

La leche de vaca está compuesta mayormente por agua (aproximadamente un 87%) y sólidos como la grasa, proteínas, lactosa, minerales y vitaminas (Walstra et al., 2006). La grasa en la leche oscila entre el 3,5% a 4,2% proporcionando energía y compuestos liposolubles; las proteínas que se encuentran entre un 3,1% a 3,5% donde hay un dominio por parte de la caseína (fundamental para la elaboración de quesos) ocupando un 80% de esta y el restante 20% son proteínas del suero; la lactosa que tienen una proporción de 4,5% a 5%, siendo esta el principal azúcar y una fuente clave de energía (FAO, 2020). Los minerales se encuentran en un 0,7% aproximadamente aportando calcio, fósforo, potasio, entre otros (INALE, 2022). Cabe destacar que la composición de la leche depende de factores genéticos e intrínsecos como la raza, etapa de lactancia, edad y número de lactancias y estado de salud, además de factores nutricionales y de manejo, como alimentación y frecuencia de ordeño, y por último factores ambientales y estacionales, como la estación del año, estrés calórico y el bienestar animal (Heck et al.,2009).

En Uruguay, según registros en leche cruda remitida a planta, la composición promedio es 3,77% de grasa, 3,37% de proteínas y 7-7,5 kg de sólidos totales reflejando características de sistemas pastoriles (Chilibroste & Fariña, 2024).

Las vacas Holando bajo un sistema mixto, reflejan en producción diaria de entre 24 a 26 litros/vaca/día, con respecto a composición el porcentaje de grasa fue de 3,7 a 3,8 y de 3,2 a 3,3 el de proteína. En cuanto a la producción de sólidos totales fue de 1,9 a 2,0 kilogramos/día (Menegazzi et al., 2025).

### 4.4 Mastitis bovina

La mastitis bovina es una inflamación de la glándula mamaria, pudiendo afectar uno o más cuartos, y por lo tanto la calidad y cantidad de leche. Es una enfermedad endémica importante del ganado lechero, que constituye una pérdida económica significativa para los productores lecheros de todo el mundo.

#### *4.4.1 Células somáticas.*

Estas son células corporales que se encuentran conformadas por leucocitos y células epiteliales, los leucocitos se trasladan desde la sangre a los tejidos y conductos de la glándula mamaria, en respuesta defensiva contra una lesión inflamatoria generalmente de tipo infecciosos de la glándula mamaria y son un indicador directo de mastitis, se encuentran constituidos en mayor proporción por neutrófilos (50-90%), macrófagos (10-35%), linfocitos (20%) y células epiteliales (0-2%) (Philpot, 2001) desprendidas por la inflamación. El recuento de células somáticas, es el número de células existentes en leche. Se utiliza como indicador de la infección de la glándula mamaria (Blowey y Edmondson, 1995).

Cuando los microorganismos causantes de mastitis invaden un cuarto de la glándula mamaria y empiezan a multiplicarse o cuando el número de estos aumenta significativamente en un cuarto infectado, el organismo de la vaca tiene que reclutar leucocitos para combatir a dichos microorganismos causantes de la mastitis (Philpot, 2001). Cuando el cuarto de la glándula mamaria está sano, no muestra ninguna alteración patológica externa, su leche no contiene microorganismos patógenos y mantiene un nivel de células somáticas menor de 100.000 células/ml (Wolter et al., 2004).

Los recuentos individuales de células somáticas constituyen la mejor manera de identificar las vacas con recuentos elevados de células y detectar vacas con mastitis. Los recuentos individuales de células se calculan a partir de una muestra mixta de los cuatro cuartos (Blowey y Edmondson, 1995).

#### *4.4.2 Clasificación de las mastitis*

La mastitis se puede clasificar según su manifestación clínica (clínica o subclínica) o según su duración (aguda o crónica) (Bradley 2002).

En el caso de la manifestación de forma clínica, la leche presenta alteraciones visibles como grumos, pus, sangre. Además, inflamación, enrojecimiento y dolor en la ubre. En el caso de la presentación de forma subclínica no existen signos visibles, pero hay aumentos en el recuento de células somáticas y disminución en la producción. Con respecto a la duración de esta enfermedad, en el caso que aparece repentinamente con síntomas severos es cuando nos enfrentamos a una mastitis aguda, sin embargo, cuando esta persiste a lo largo del tiempo con o sin síntomas visibles consta que es una mastitis crónica (Seegers et al., 2003).

*4.4.3 Principales agentes causantes de las mastitis*

Contagiosos son aquellos que se transmiten durante el ordeño como, Staphylococcus aureus, que es una bacteria que se puede transmitir de vaca en vaca a través de la máquina de ordeño o las manos del ordeñador, puede causar alteraciones en la calidad de la leche y pérdidas de producción. Streptococcus agalactiae se caracteriza por su alto grado de contagiosidad y su alto impacto negativo en la calidad de la leche. Mycoplasma spp. su principal vía de transmisión es de vaca a vaca, a través de la leche, el calostro, el semen y las vías respiratorias. La infección intramamaria es común en vacas en ordeño y secas (Oliver et al., 2005).

Patógenos Ambientales, son aquellos que provienen del ambiente como la cama, heces, barro, entre otros. Escherichia coli, las infecciones ocurren cuando la bacteria ingresa al canal del pezón, se multiplica en la ubre y causa inflamación y daño al tejido, mastitis causadas por este patógeno pueden llegar a ser mortales. El Streptococcus uberis, se encuentra en el estiércol, la materia orgánica y el entorno de las vacas, incluyendo la cama. Teniendo capacidad para persistir en la glándula mamaria y causar infecciones crónicas. Streptococcus dysgalactiae, la mastitis causada por esta bacteria puede ser contagiosa, transmitiendo de vaca a vaca durante el ordeño, o ambiental, donde la bacteria se adquiere del entorno, es una bacteria Gram positiva y se puede presentar de forma clínica como subclínica (Bradley, 2002).

*4.4.4 Factores predisponentes*

*4.4.4.1 Manejo de la sala de ordeño*

El buen manejo de la sala de ordeño inclusive las buenas prácticas de la rutina de ordeño son fundamentales para limitar el riesgo de mastitis en un rodeo lechero. Se

deben realizar los mantenimientos correspondientes del equipo de ordeño para poder garantizar el buen funcionamiento e higiene del mismo fundamentalmente en las unidades de ordeño.

El mal funcionamiento de la máquina de ordeño puede llegar a causar focos de mastitis nuevos, esto puede derivar de sobre ordeños por mal funcionamiento del sistema de vacío, o sub ordeño predisponiendo a descensos de producción total de leche.

*4.4.4.2 Higiene*

Considerando que el ambiente tiene una función de gran importancia ante la salud mamaria, la buena higiene de la sala de ordeño, como de las demás instalaciones del tambo, es indispensable para limitar los factores de riesgo a la mastitis.

*4.4.4.3 Nutrición*

La alimentación es un factor importante en el riesgo de mastitis. Aquellas vacas que presentan un balance energético negativo, especialmente vacas que se encuentren en el periodo de transición, son más susceptibles a infecciones, donde la composición de la dieta es fundamental para satisfacer los requisitos de minerales y vitaminas para lograr una correcta función inmunitaria.

*4.4.4.4 Mecanismos de defensa*

Existen mecanismos de defensa anatómicos, celulares y solubles, que ayudan a proteger la glándula mamaria de infecciones. La anatomía de la ubre actúa como barrera física para la prevención de infecciones. El esfínter cuenta con músculos que lo mantiene cerrado entre ordeños, posterior al ordeño los músculos del esfínter pueden demorar 2 horas para que se cierre el orificio del pezón, por lo tanto, este período es fundamental para la defensa mamaria. El canal de la ubre, además, está recubierto por una sustancia cerosa, denominada queratina, que tiene propiedades antimicrobianas y ayuda a impedir la invasión patógena dentro de la glándula.

*4.4.4.5 Clima*

El clima es un factor importante que no está bajo el control humano, esto puede predisponer en mastitis, ya que altas temperaturas y un aumento en la humedad son favorables para el crecimiento de patógenos en el ambiente de las vacas, también las

altas temperaturas pueden causar estrés calórico y así afectar el sistema inmunológico del animal.

*4.4.4.6 Piso y flujo*

Las superficies en las salas de ordeño deben contar con un buen diseño, así como también los corrales de encierros, estos deben presentar firmeza y permitir que el tránsito de los animales sea fluido, esto ayuda a evitar lesiones en la ubre y por ende la baja predisposición a mastitis (Helasa et al., 2007).

*4.4.5 Impacto económico y productivo*

La mastitis causa caídas significativas de producción, principalmente en casos clínicos, pero también en casos subclínicos. Las vacas que presentan una mastitis subclínica pueden producir hasta un 15% menos leche, que una vaca sana (Seegers et al., 2003). Los costos de honorarios veterinarios, de los antibióticos que se le deben suministrar al animal y la mano de obra que se le deben dedicar extra a un animal enfermo son muy elevados. Cabe destacar que los casos crónicos o recurrentes son altamente costosos.  La industria lechera cuando reciben un análisis de leche con RCS (Recuento de Células Somáticas) alto (más de 400.000 células/ml para la leche de tanque) penaliza en el precio, ya que el tener esta baja en la calidad de la leche, tiene una gran repercusión en la calidad de los derivados como el queso, la manteca, entre otros.

**4.5 Diagnóstico de mastitis**

*4.5.1 Observación clínica*

De forma directa y práctica se puede identificar mastitis clínica a través de la observación del comportamiento animal y su leche durante el ordeño, donde se pueden detectar cambios físicos en la leche (coágulos, grumos, sangre, pus, cambios en el color o de consistencia), signos anómalos en la ubre (inflamación, calor, dolor a la palpación o enrojecimiento), o síntomas sistémicos en casos graves (fiebre, depresión y pérdida de apetito) (Radostits et al., 2007).

*4.5.2 Test de California Mastitis Test (CMT)*

El CMT es una herramienta muy útil y práctica, en una paleta con 4 divisiones (correspondiente a cada cuarto de la ubre) se pone la misma cantidad de leche que de un reactivo que rompe las membranas celulares y forma un gel con ADN que liberan las células somáticas, cuanto más gelatinoso se encuentre este gel, hay mayor presencia de células somáticas. Este se mide en una escala de 0 a 3, donde no se identifica el patógeno, pero si la presencia de células somáticas (Schalm & Noorlander, 1957). Es una herramienta que tiene gran importancia por su detección de mastitis subclínicas, aquella donde no se presentan signos visibles, además de su utilidad en el manejo individual para cada cuarto. Se diferencia por su detección rápida de mastitis subclínica a nivel de campo con respecto al recuento de células somáticas, que mide con exactitud la concentración de células somáticas y se utiliza para el monitoreo de la calidad de leche y prevalencia de mastitis en el rodeo.

*4.5.3 Recuento de Células Somáticas (RCS)*

El RCS es una medición cuantitativa de la cantidad de células somáticas presentes en la leche, el tener un recuento alto nos indica que tenemos casos de mastitis. Un RCS mayor a 200.000 células/ml indicaría la presencia de mastitis, su medición es a través de laboratorio o equipos automáticos. Esta medición se puede realizar a la leche del tanque donde se evalúa el rodeo como un todo y se usa como parámetro de calidad para la industria; o de forma individual por animal, donde los datos que nos proporcione serán usados como una herramienta de diagnóstico y manejo sanitario, para la identificación de las vacas infectadas y toma de decisiones (Harmon, 1994).

*4.5.4 Cultivo bacteriológico*

Este método de diagnóstico nos da la certeza del agente causal de la mastitis, donde se siembra una muestra de leche en medios de cultivos para la observación de crecimientos de bacterias específicas. Este método permite la diferenciación entre patógenos, si son ambientales o contagiosos. Es de vital importancia a la hora de tomar decisiones sobre tratamientos (Oliver et al., 2005).

Existen dos métodos de cultivo, en primera instancia el cultivo bacteriológico completo, donde se siembra la muestra en medios diferenciales y selectivos, que permite

la identificación detallada según las características de colonias y la diferencia con precisión de las especies bacterianas e incluso cepas. El segundo método es de fácil implementación donde se realiza en el mismo tambo o en laboratorios con sistemas rápidos, cumpliendo con el objetivo de orientar de forma inmediata el tratamiento para casos clínicos. Particularmente diferencia, Gram positivos (ej. Streptococcus, Staphylococcus), Gram negativos (ej. E. coli, Klebsiella) y el no crecimiento.

#### *4.5.5 Tratamiento de las mastitis*

Cuando pensamos en tratamiento debemos tener en cuenta factores como, si es mastitis clínica o subclínica, el agente causal, el estado del animal, si se encuentra en lactancia o en el periodo seco y si se da por primera vez en la lactancia.

Con respecto a la mastitis clínica se utilizan antibióticos intramamarios o sistémicos dependiendo del grado de la infestación. Las mastitis subclínicas se tratan, en el periodo seco.

Con respecto a cuando la vaca se encuentra para ingresar al periodo seco, se realiza un tratamiento antibiótico de secado, donde se le administra de forma intramamaria antibiótico de acción prolongada, que tiene durabilidad hasta la próxima lactancia, o se realiza secado selectivo en el caso de aquellas vacas con mastitis subclínica (Ruegg, 2017).

Es de gran importancia que, al momento de realizar tratamientos, se cuente con asesoramiento de un profesional en el área, ya que el mal uso de un antibiótico puede representar implicancia de inocuidad de la leche, con respecto al tiempo de espera que tiene cada antibiótico o producir una resistencia bacteriana.

### 4.6 Cambio de frecuencia de ordeños

La reducción de frecuencia de dos a un ordeño diario ha sido estudiada desde ya hace muchos años atrás como una alternativa ante diferentes variables en sistemas lecheros, demostrando efectos productivos, reproductivos, fisiológicos y de comportamiento. En un experimento se implementó este sistema a mitad de la lactancia, donde se observó que la reducción de dos a un ordeño tuvo un aumento leve de la firmeza de la ubre en comparación a las que tenían dos ordeños, sin generar variaciones en los periodos de descanso ni en el comportamiento (Tucker et al., 2007). En cuanto a

producción el cambio de frecuencia de dos a un ordeño, produce una disminución en la producción de leche entre 22% a 31%, dependientemente de la raza, siendo las vacas Jersey menos afectadas que la Holstein-Friesian (Davis et al., 2006). A pesar de los efectos planteados con respecto a la producción, la composición tiene a presentar mejoras, con incrementos porcentuales en grasas y proteínas, lo que demuestra una compensación parcial de la menor producción y puede presentar beneficios en sistemas determinados (Stelwagen et al., 2013).

En un trabajo donde se evaluó el efecto del cambio en la frecuencia de ordeño para redireccionar el metabolismo a la reproducción, se evaluó el β-hidroxibutirato en leche (BHB) y condición corporal. La relación que se encuentra con la reproducción a partir del BHB en leche, es que este al encontrarse elevado manifiesta un mayor balance energético negativo y movilización de tejido adiposo, y esto tiene repercusiones como el retraso en el reinicio de la ciclicidad ovárica postparto (Walsh et al., 2007), además causa la reducción de la frecuencia de pulsos de la hormona luteinizante y menor secreción de gonadotropinas (Butler, 2003), y por último es causante de que hayan ovocitos de menor calidad y menor tasa de concepción (Leroy, 2008), en la investigación de Duffield et al., (2009), se observó en los resultados que las vacas con 4 semanas de ordeño reducido (un ordeño), presentaron un BHB en leche más elevado que el grupo control (dos ordeños) indicando esto como riesgo del retraso de la recuperación reproductiva si ese aumento es sostenido. La condición corporal que también fue evaluada, no se encontraron diferencias significativas entre el grupo del experimento y el grupo control. Lo que sugiere un impacto mínimo directo sobre la fertilidad, (Lehmann, 2023).

El BHB es un parámetro de medición de cetosis subclínica y movilización de grasas (Duffield et al., 2009).

La condición corporal funciona como un indicador de estado energético y reservas corporales (Roche et al., 2009).

Realizar el monitoreo del comportamiento en vacas lechera es de gran importancia, ya que es un indicador integral de su estado sanitario, reproductivo y de bienestar. En el caso de la detección de cambios en el movimiento o rumia de la vaca permite la identificación de celo con mejor precisión, mejorando tasas de preñez y reduciendo pérdidas económicas relacionadas con servicios fallidos (Fricke et al., 2014).

De igual forma, alteraciones en los patrones de actividad, descanso y alimentación, actúan como signos tempranos de enfermedades metabólicas o infecciones, dando la posibilidad de una intervención a tiempo (Stangaferro et al., 2016).

En otro experimento, fue evaluada la frecuencia de ordeño comparando 2 ordeños/día vs 1 ordeño/día. No fueron encontrados efectos significativos de reducir la frecuencia de ordeño de 2/día a 1/día, sobre el tiempo de alimentación o rumia en los tres días previos al secado, lo que nos indicaría que esta práctica no generó cambios significativos en el comportamiento (Amorim Franchi et al., 2022).

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Localización y periodo experimental

El presente proyecto, estuvo en el marco de una investigación a largo plazo con un enfoque al ámbito reproductivo. Se realizó en la Plataforma Experimental de Lechería de la Facultad de Agronomía, Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC), aprobado por la Comisión de Ética en el Uso de Animales (CEUA, Exp. 311170-000022-25). Esta se encuentra ubicada en el departamento de Paysandú, sobre ruta 3, kilómetro 363 (Coordenadas GPS: 32°22'50"S 58°03'15"W) (Fígura 1).

El periodo de investigación fue desde el 21 de abril hasta el 8 de agosto del 2025, dando un total de 110 días.




Fuente: Elaboración propia en base a Google Maps.

**Figura 1:** Mapa de localización.

### 5.2 Tratamientos y diseño experimental

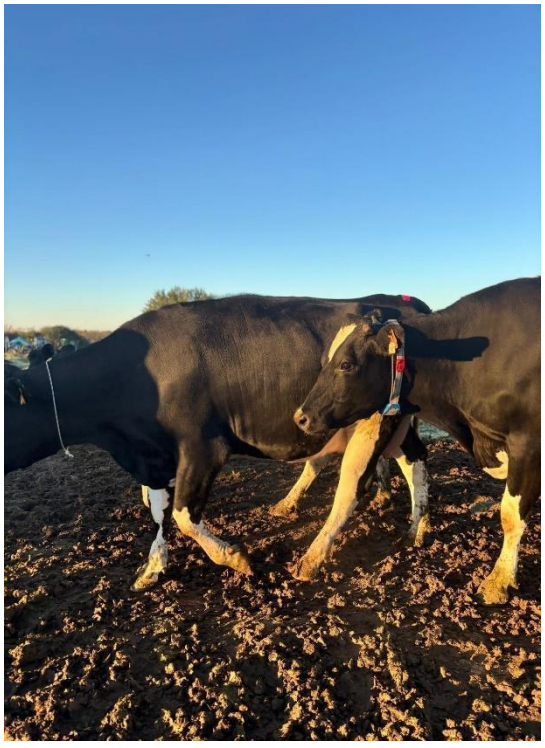
Este trabajo se realizó luego del periodo de espera voluntario por un periodo de 8 días, con el fin de una mejora en los resultados reproductivos.

Un total de 46 vacas Holstein fueron seleccionadas a los 40 días postparto, donde 18 eran primíparas y 28 eran multíparas, con un peso promedio de 660 kg de PV y condición corporal 3,0 a 3,5. Las mismas ingresaban al preparto, 30 días anteriores a la fecha esperada de parto, a un sistema de cama caliente con alimentación de dieta totalmente mezclada (TMR) con el agregado de sales aniónicas para la prevención de hipocalcemia. Durante el preparto se realizaban mediciones de pH en orina para el monitoreo del efecto de la dieta aniónica, esperando un pH levemente ácido de entre 6,2 a 6,8.

En el momento del parto las vacas fueron agrupadas en la cama caliente, separadas por paridad. El ordeño de las vacas en la madrugada comenzaba a las 04:30 horas, donde luego volvían a la cama caliente hasta el ordeño de la tarde que se realizaba a las 15:30 horas, después del ordeño pasaban a alimentarse con TMR en la cama caliente. El cambio que presentaron aquellas vacas que ingresaban al lote experimental, fue el manejo en la alimentación, posterior al ordeño matutino eran arreadas a parcelas donde pastoreaban hasta el ordeño vespertino, este cambio comenzaba posterior a los 40 del parto, ya que entre el parto y esos días las vacas se encontraban solamente con TMR

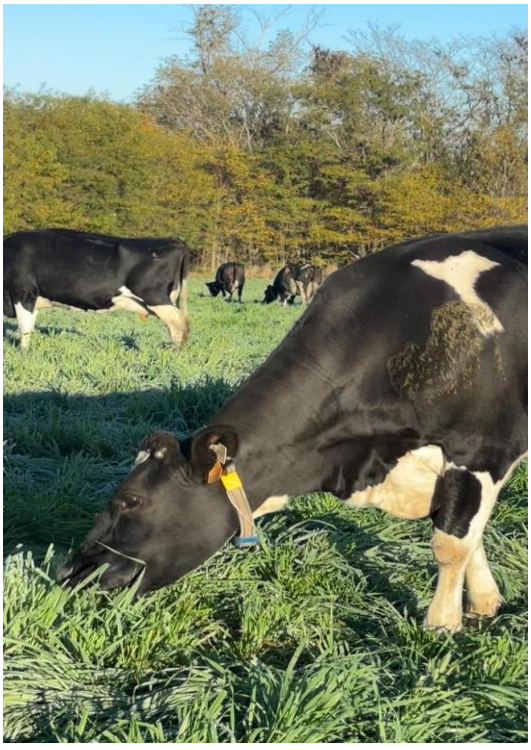
Durante el experimento, las vacas fueron agrupadas en subgrupos denominados réplicas, para lograr que todas estuvieran en similar situación respecto a la fecha de parto, estas debieron ser realizadas por la dispersión de fechas probables de partos.

El tratamiento consistió en reducir o no la frecuencia de ordeño de 2 a 1 ordeño diario por el periodo de 8 días consecutivos, retomando posteriormente el doble ordeño, donde cada réplica se subdividió en 2 subgrupos, 1 OD (un ordeño con cinta roja en el collar de comportamiento, figura 2) y 2 OD (dos ordeños con cinta amarilla, figura 3).



Fuente: imagen propia.

**Figura 2:** animales experimentales posterior al ordeño, donde se visualiza la cinta roja que la identifica como vaca en 1OD.

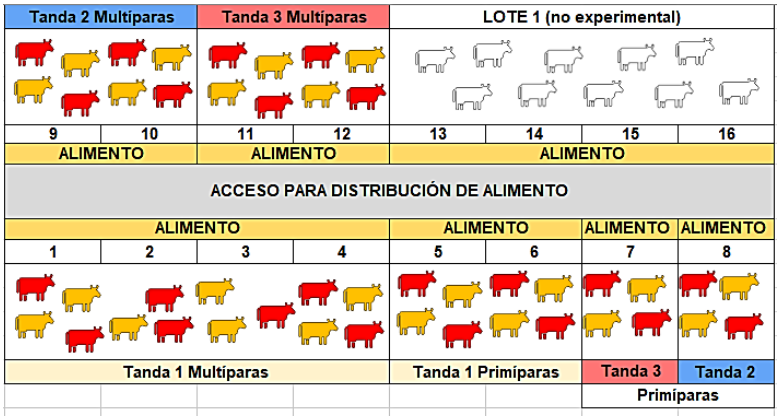


Fuente: imagen propia.

**Figura 3:** animales experimentales en pastoreo, donde se visualiza la cinta amarilla que la identifica como vaca en 2OD.

### 5.3 Animales y manejo

La reducción se realizaba en el ordeño de la tarde donde las vacas que pertenecían al grupo control (2 OD) seguían hacia la sala de ordeño y las de 1 OD se apartaban a una distancia considerable de la sala para que el sonido de la máquina no generara estimulación, y se llevaban hacia la cama caliente, donde esperaban a las demás mientras se las ordeñaba. El manejo dentro de la cama era el siguiente, todas las réplicas se dividían entre primíparas y multíparas y se les asignaba los corrales según la réplica, donde previamente ya estaba la alimentación dividida en cada corral (figura 4).




Fuente: Elaboración propia en Word y Excel.

**Figura 4:** Distribución de los animales experimentales dentro de la cama caliente.

Se registró la producción diaria individual de las diferentes réplicas de forma automática por el sistema de la máquina de ordeño. Semanalmente se realizó muestreo de leche hasta el día 100 de lactancia, para la determinación de grasa, proteína, lactosa por recuento de células somáticas, y urea.



Fuente: imagen propia.

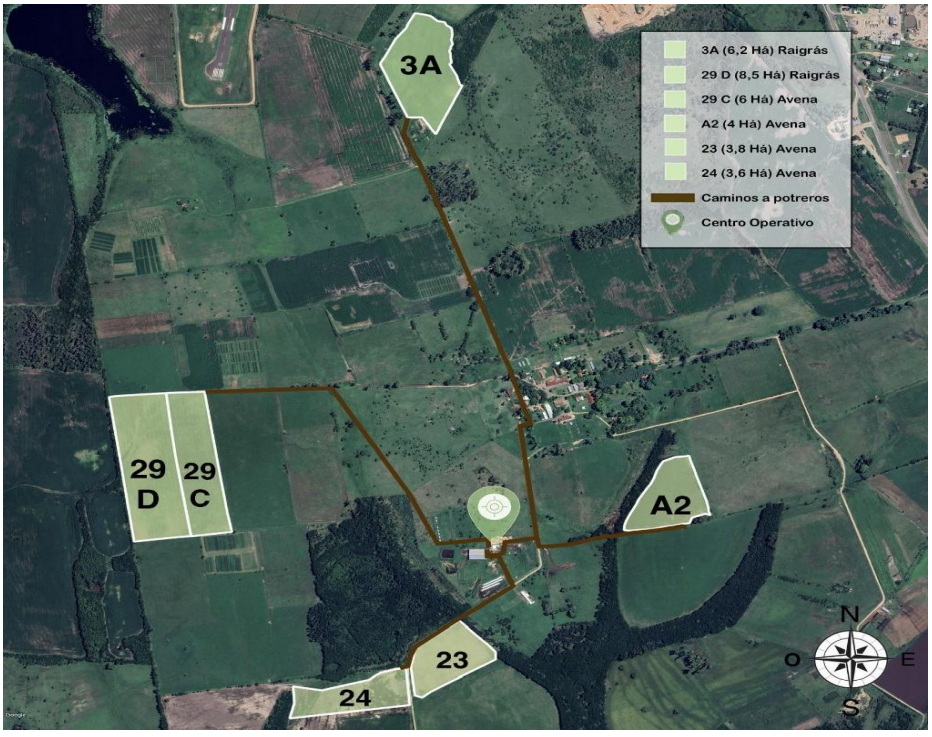
**Figura 5:** Frascos de control lechero y planilla campo.

Las vacas se encontraron durante todo el período experimental en un sistema mixto, ya que posterior al ordeño matutino se iban a pastorear hasta el ordeño vespertino (7:30 a 15:00) y luego quedaban en la cama caliente con suministro de TMR.

Con respecto a los forrajes, durante todo el proyecto las vacas consumieron *Avena sativa* (Figura 8) y *Lolium multiflorum* (Figura 9), donde según la disponibilidad de los forrajes se hacia la rotación, cabe destacar que la avena fue la mayor oferta de forraje

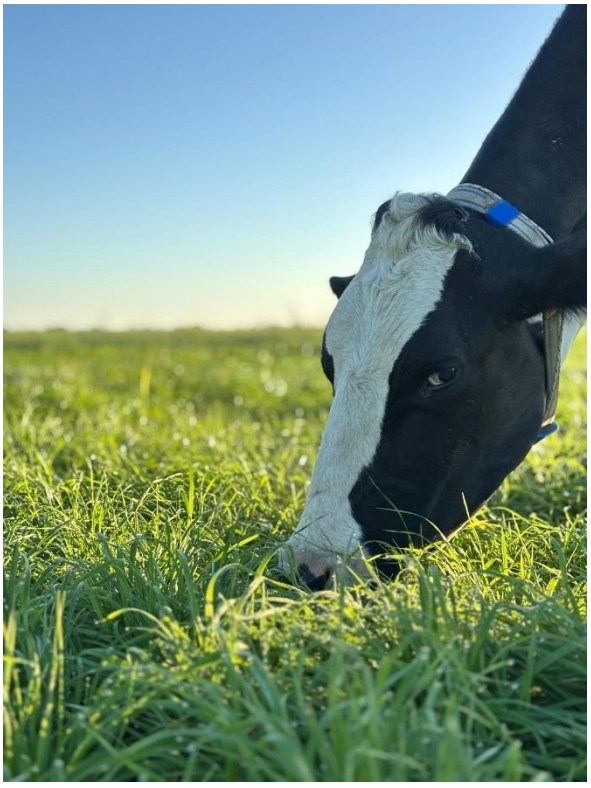
dentro de los dos cultivos. En total pastorearon en 6 potreros con un total de 35,4 hectáreas, donde 18 has. eran de Lolium y 17,4 has. de Avena (Figura 6).

La asignación forrajera fue de 30 kg MS/vaca/día (asignación alta).



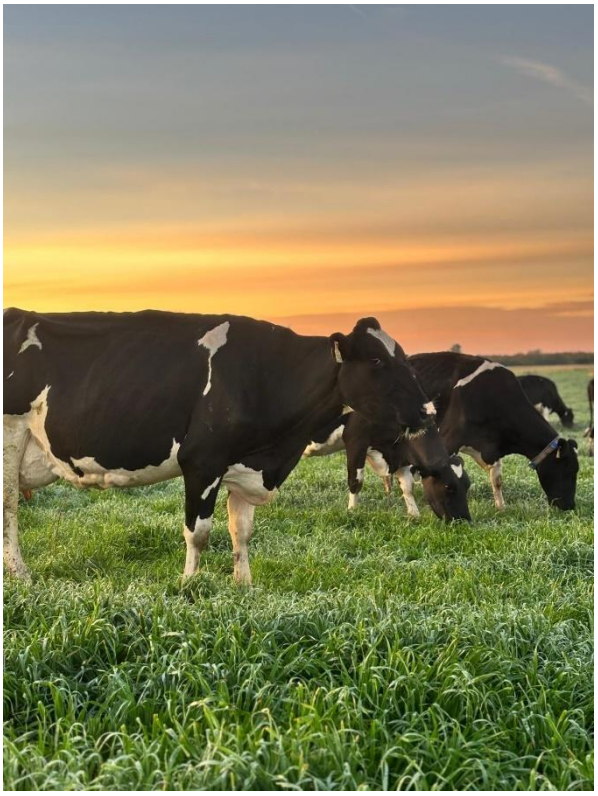

Fuente: Elaboración propia en base a Google Maps.

**Figura 6:** Mapa de los potreros donde pastorearon los animales experimentales y sus respectivos caminos.



Fuente: Imagen propia.

**Figura 7:** Animal experimental pastoreando Lolium multiflorum.



Fuente: Imagen propia.

**Figura 8:** Animales experimentales pastoreando Avena sativa.

Con respecto a la TMR, esta estaba conformada por maíz molido, ensilaje de planta entera de maíz, expeller de soja, cascarilla de soja y premezcla de maíz con minerales (maíz, núcleo nutriparto, NaCl, prolesal y carbonato de Calcio). A cada réplica se le suministró la misma cantidad de TMR, desde el parto hasta los 40 días post parto se les ofreció 24,1 Kg MS/vaca/día únicamente (estabulación total), a partir de los 40 a 60 días posparto se les ofreció 21,30 Kg MS/vaca/día (cuadro 1), y posterior a estos días se le ofreció 19,15 Kg MS/vaca/día (cuadro 2), este descenso se realizó para estimular un mayor consumo de pasturas.

**Cuadro 1** Composición de la dieta entre los 40-60 días.

Fuente: Elaborado por Catalina Rivoir (Encargada de dietas de Producción Animal).

| 40-60 DPP | MS kg/v/d | % MS | MF kg/v/d |
|---|---|---|---|
| Maiz molido | 5.1 | 90 | 5.7 |
| Ensilaje maiz 2025 | 7.8 | 32 | 24.4 |
| Expeller soja | 4.10 | 90 | 4.6 |
| Cascarilla de soja | 2.8 | 88 | 3.2 |
| Pre-mezcla maiz-minerales | 1.5 | 90 | 1.7 |
| Total | 21.30 | | 39.4 |

**Cuadro 2:** Composición de la dieta posterior a los 60 días posparto.

Fuente: Elaborado por Catalina Rivoir (Encargada de dietas de Producción Animal).

| 60 DPP en adelante | MS kg/v/d | % MS | MF kg/v/d |
|---|---|---|---|
| Maiz molido | 4.5 | 90 | 5.0 |
| Ensilaje maiz 2025 | 7.0 | 32 | 21.9 |
| Expeller soja | 3.65 | 90 | 4.1 |
| Cascarilla de soja | 2.5 | 88 | 2.8 |
| Pre-mezcla maiz-minerales | 1.5 | 90 | 1.7 |
| Total | 19.15 | | 35.4 |

### 5.4 Registro de producción de leche

El registro diario de producción de leche lo realizaba la máquina de ordeño ya que contaba con un sistema de lectura de caravana al ingreso de la sala, y posterior a esto registraba la producción individual de cada vaca.

### 5.5 Colecta de muestras y análisis de composición de la leche

La colecta de muestra se realizaba semanalmente durante todo el periodo experimental, esta era individual de cada animal. El análisis de la composición de leche lo realizaba el laboratorio COLAVECO, lo cual mandaba los resultados.

Se tuvieron en cuenta para el análisis de resultados, dos semanas antes de la reducción de la frecuencia de ordeño (semana 1 y 2), la semana de reducción (semana 3) y dos semanas posteriores a la reducción (semana 4 y 5).

### 5.6 Detección de vacas con mastitis

En el rodeo experimental se realizaba diariamente previo a ambos ordeños, el despunte de todos los cuartos para la detección de alteración en leche (grumos). En el caso de su existencia, se revisaba si había inflamación y/o edema en la glándula mamaria.

Se llevó a cabo un registro de casos de mastitis clínica que se presentaron en el periodo experimental, donde se registró el grado de la mastitis, que cuarto era el afectado, fecha y la identificación del animal (número de caravana visual del tambo). Con la información respecto a RCS que brindaba el laboratorio posterior a cada muestreo se determinó la proporción de vacas con RCS mayores a 200000 cél/mL en multíparas y 100000 cél/mL en primíparas, antes del tratamiento y posterior a este, determinando el porcentaje de nuevas infecciones intramamarias.

### 5.7 Comportamiento

Se colocaron collares (BouMatic, Real Time Activity) que permitían evaluar el comportamiento de las vacas (tiempo comiendo, rumiando y en actividad) en tiempo real diariamente, desde la semana antes de la reducción hasta la semana posterior. Los datos diarios de comportamiento fueron agrupados por periodos, la semana previa a la reducción (pre), la semana de la reducción (red) y la semana posterior (pos).

### 5.8 Análisis estadístico

A partir de los registros de producción de la máquina de ordeño se sumó la producción diaria de cada vaca (ordeño AM y PM). A partir de los resultados de composición de leche se realizó un promedio de las dos muestras de cada día. El análisis estadístico para producción y composición de leche desde la semana 1 posparto a la semana 22, se realizó a través de procedimiento mixto en SAS, teniendo en cuenta como efectos fijos el grupo (1OD y 2OD), la paridad (multíparas y primíparas), el período (semana), y las interacciones grupo*período, grupo*paridad y grupo*paridad*período. La réplica se consideró como efecto aleatorio en el modelo. En cuanto al recuento de células somáticas (RCS) el criterio para considerar a las vacas sanas fue de vacas multíparas <200000 y en el caso de las primíparas <100000, cuando superaban este valor eran consideradas enfermas.

# 6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 6.1 Producción de leche

La producción media semanal de leche difirió de acuerdo a los grupos experimentales a lo largo de las 22 semanas postparto, encontrando diferencias entre primíparas y multíparas (interacción grupo*paridad*semana, p valor < 0,0001). También se encontraron efectos de la paridad (p valor < 0,0001), semana (p valor < 0,0001) y grupo*semana (p valor < 0,0001). No se encontraron efectos sobre la producción de leche entre los grupos y la interacción grupo*paridad.

Durante la semana de reducción de la frecuencia de ordeño (semana 11), la producción media semanal de las vacas multíparas grupo 2OD fue de 34,01 ± 0,91 l/vaca/día, en comparación con la de multíparas 1OD que fue de 22,92 ± 0,94 l/vaca/día (p <0,0001, Figura 9). En cuanto a las primíparas 2OD produjeron 28,28 ± 1,11 l/vaca/día y las primíparas 1OD 18,35 ± 1,16 l/vaca/día (p=0,0007, Figura 9).

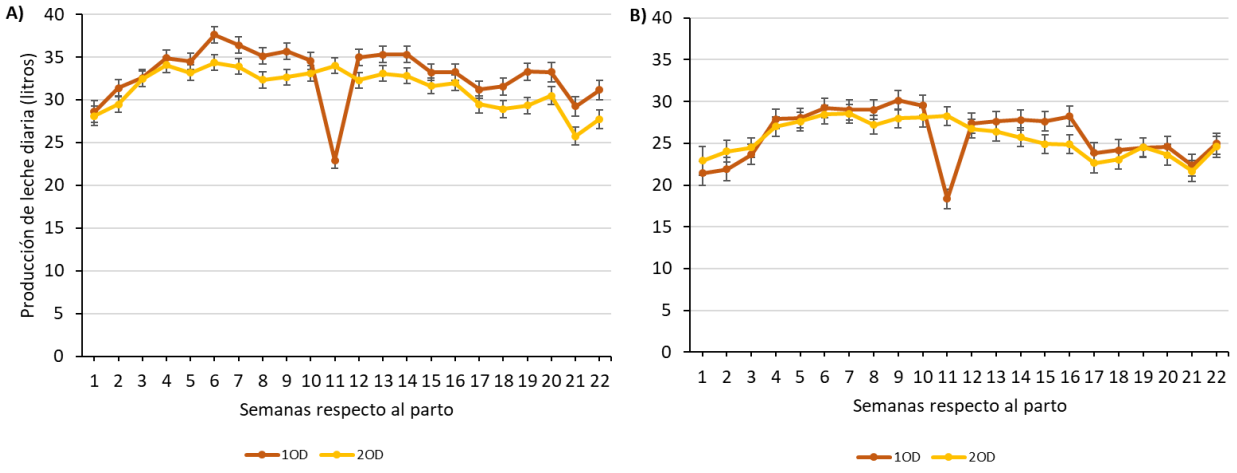
Con respecto a la interacción grupo*semana, se encontraron diferencias solo durante la semana de la reducción de frecuencia de ordeño (2OD: 31,15 ± 0,72 l/vaca/día; 1OD: 20,63 ± 0,75 l/vaca/día, p <0,0001).

Dado estos resultados se puede observar que la reducción de dos a un ordeño durante la semana 11, provoco un descenso en la producción en ambas categorías (Figura 9), un 33% para el caso de las multíparas y un 35% en las primíparas, estos resultados se asemejan a lo mencionado en el marco teórico donde la bibliografía habla de una disminución de entre el 20 a 35% siendo ordeñadas una vez al día durante toda la lactancia (Clark et al., 2006). En otro trabajo, donde la reducción de la frecuencia de ordeño de dos a un ordeño diario se realizó inmediatamente luego del parto, durante una semana, encontraron un descenso de un 31% en litros de leche (Loiselle, 2009).

En las semanas de no reducción de frecuencia de ordeño, no se encontraron diferencias entre grupos, tanto en multíparas como primíparas, lo que demuestra una rápida recuperación en la producción de leche. Esto difiere de otro trabajo donde encontraron una reducción del 8%, hasta la semana 14 posparto, cuando la reducción fue una semana posterior al parto (Loiselle, 2009).

En cuanto a la paridad, las vacas multíparas (32,22 ± 0,58 l/vaca/día) produjeron más leche que las primíparas (25,79 ± 0,72 l/vaca/día).

En el trabajo de Phyn (2014) y Loiselle et al.,(2009), encontraron un impacto sobre la producción de leche de entre un 15% a 31% en multíparas en el periodo de reducción. En primíparas se encontró una disminución del 40% durante la reducción, (Capelesso et al.,2019). En el trabajo de Phyn la reducción fue realizada entre la tercer a sexta semana posparto, para el trabajo de Loiselle et al., esta se realizó una semana posparto, y en el caso de Capelesso el estudio se realizó durante las ocho primer semanas posparto.




Fuente: Elaboración propia a partir de resultados en Excel.

**Figura 9**: Producción de leche diaria desde el parto hasta la semana 22 (semana 11 = reducción de la frecuencia de ordeño) de los grupos 1 OD (línea roja) y 2 OD (línea amarilla) en vacas multíparas (A) y primíparas (B).

### 6.2 Composición de leche

#### *6.2.1 Porcentaje Grasa*

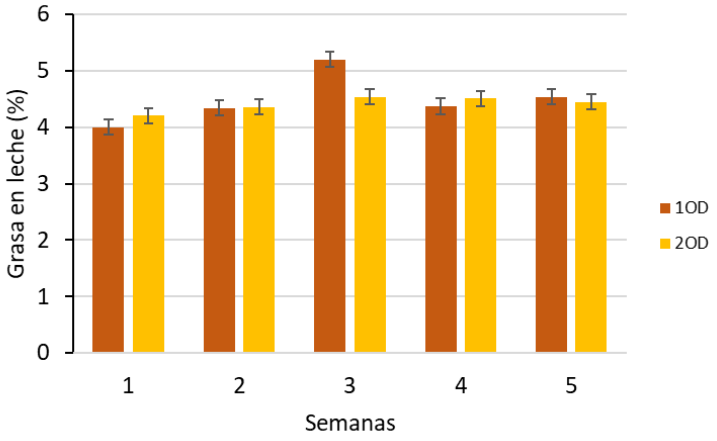
Dentro de la composición media semanal en el porcentaje de grasa se encontraron diferencias con respecto al periodo (p valor <0,0001, Figura 10) y en la interacción grupo*periodo (p valor < 0,0017, Figura 10).

Durante la semana 11 los porcentajes de la media semanal en multíparas y primíparas 2OD fue de 4,54 ± 0,13 % de grasa, en comparación con 1OD que fue de 5,2 ± 0,14 % de grasa.

Durante la semana de la reducción el porcentaje de grasa fue mayor (4,87 ± 0,10 %) respecto a las dos semanas anteriores (semana 1, 4,10 ± 0,10 %; semana 2, 4,35 ±

0,10 %) y las dos semanas posteriores (semana 4, 4,44 ± 0,10 %; semana 5, 4,50 ± 0,10 %).

El aumento que se ve durante la semana de reducción coincide con las revisiones bibliográficas, donde se ha reportado que la reducción de la frecuencia de ordeño puede generar un incremento del porcentaje de grasa debido al efecto de concentración asociado a la menor producción total de leche (Stelwagen et al.,2013).




Fuente: Fuente: Elaboración propia a partir de resultados en Excel.

**Figura 10:** Porcentaje de grasa en leche en los grupos 1OD (Rojo) y 2OD (Amarillo), en las dos semanas antes (semana 1 y 2) a la reducción de la frecuencia de ordeño, la semana de la reducción (semana 3) y las dos semanas posteriores (semana 4 y 5).

### *6.2.2 Porcentaje Proteína*

Con respecto a la composición media semanal de leche, en porcentaje de proteína se encontró únicamente diferencia en el periodo (p valor <0,0001).

Durante la semana de reducción el porcentaje de proteína media semanal en el grupo 1OD fue de 3,49 ± 0,04 % y en el grupo 2OD 3,56 ± 0,04 %.

La reducción de la frecuencia de ordeño suele generar un aumento en el contenido de proteína de la leche, como consecuencia de una menor producción total y la mayor permanencia de la leche en la glándula mamaria (Walstra et al., 2006), sin embargo, en nuestro trabajo no se encontraron esas diferencias. Estos resultados son similares a los reportados por Menegazzi et al., (2025) en sistemas mixtos o pastoriles en Uruguay, que oscilan entre 3,2-3,3%.

Durante las dos semanas previas (semana 1, 3,51 ± 0,03 % de proteína; semana 2, 3,49 ± 0,03 % de proteína) incluyendo la de reducción (semana 3, 3,53 ± 0,03 % de proteína) el porcentaje de proteína fue menor al de las dos semanas posteriores a la reducción (semana 4, 3,65 ± 0,03 %; semana 5, 3,71 ± 0,03 %).

*6.2.3 Porcentaje Lactosa*

Dentro de la composición media semanal de leche, en cuanto a porcentaje de lactosa, se encontró diferencia en paridad (p valor=0,02).

Durante la semana de reducción el porcentaje de lactosa media semanal fue en el grupo 1OD de 4,85 ± 0,04 % y 4,89 ± 0,04 % en el grupo 2OD.

En cuanto a paridad, el porcentaje media semanal de lactosa durante todo el periodo en primíparas fue de 4,94 ± 0,04 % y en multíparas 4,83 ± 0,03 %.

Se encuentra un impacto mayor en primíparas en el periodo de reducción (durante las primeras ocho semanas posparto) con una reducción de 5,07% (2OD) a 4,78% (1OD) de lactosa en leche (Capelesso et al.,2019). Un impacto menor en multíparas de 4,80% (2OD) a 4,68% (1OD) de lactosa en leche donde la reducción fue entre la tercer y la sexta semana posparto (Phyn, 2014).

*6.2.4 Kilogramos de Grasa*

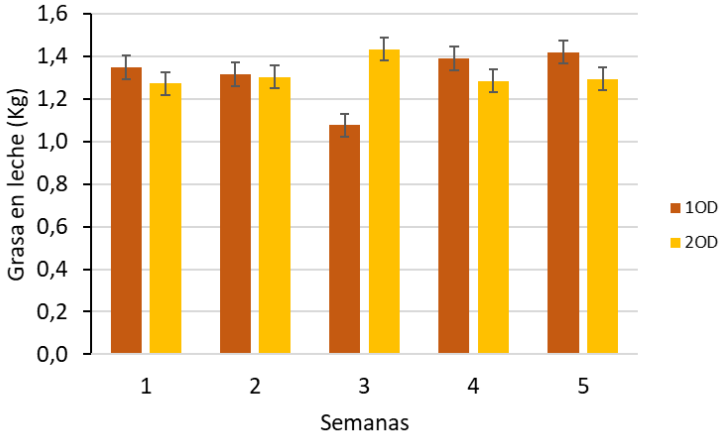
En cuanto a kilogramos de grasa, dentro de la composición media semanal se encontró diferencias en la paridad (p valor = 0,0002, Figura 11) y en la interacción grupo*periodo (p valor < 0,0001, Figura 11).

Durante la semana de reducción los kilogramos de grasa media semanal en el grupo 1OD fue de 1,08 ± 0,06 kg/día y en el grupo 2OD fue de 1,43 ± 0,05 kg/día.

Con respecto a paridad durante todo el periodo, los kilogramos de grasa media semanal en primíparas fueron de 1,22 ± 0,04 kg/día y en multíparas 1,41 ± 0,03 kg/día

En cuanto a vacas multíparas 1OD (0,96 kg/día) produjeron menos con respecto a 2OD (1,30 kg/día), durante el periodo de reducción (primera semana posparto) (Loiselle, 2009). En primíparas no se encontró diferencias significativas en la lactancia de 43 semana, donde la reducción fue en las primeras ocho semanas posparto, entre el grupo

1OD (206,0 kg de grasa total en la lactancia de 43 semanas) con el grupo 2OD (207,1 kg de grasa total en la lactancia de 43 semanas) (Capelesso et al.,2019).




Fuente: Elaboración propia a partir de resultados en Excel.

**Figura 11:** Kilogramos de grasa en leche en los grupos 1OD (Rojo) y 2OD (Amarillo), en las dos semanas antes (semana 1 y 2) a la reducción de la frecuencia de ordeño, la semana de la reducción (semana 3) y las dos semanas posteriores (semana 4 y 5).

### *6.2.5 Kilogramos de Proteína*

Dentro de los kilogramos de Proteínas en la composición media semanal de leche se encontró diferencia en paridad (p valor = 0,0002, Figura 12), en el periodo (p valor < 0,0001, Figura 12) y en la interacción de grupo*periodo (p valor < 0,0001, Figura 12).

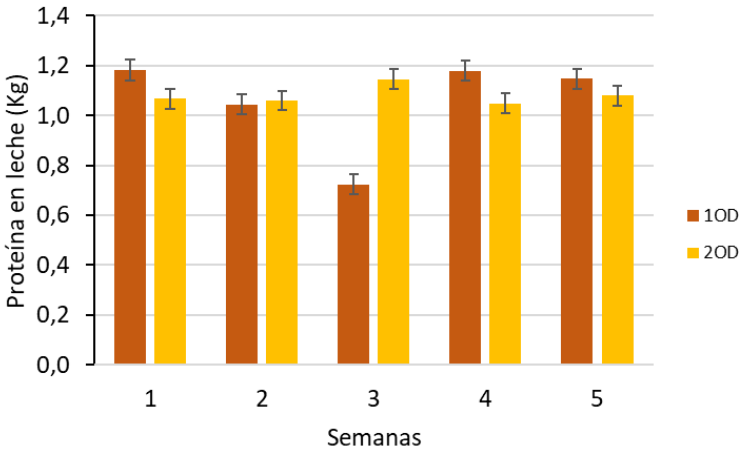
Durante la semana de reducción los kilogramos de proteína media semanal en el grupo 1OD fue de 0,72 ± 0,04 kg y en grupo 2OD fue de 1,15 ± 0,04 kg.

Con respecto a paridad, durante todo el periodo, los kilogramos de proteína media semanal en multíparas fueron de 1,15 ± 0,03 kg y en primíparas 0,99 ± 0,03 kg.

En cuanto a la semana de reducción de frecuencia de ordeño los kilogramos de proteína media fueron 0,93 ± 0,03 Kg, lo cual fue menor a las dos semanas anteriores (semana 1, 1,12 ± 0,03 Kg; semana 2, 1,05 ± 0,03 Kg) y a las dos semanas posteriores (semana 4, 1,11 ± 0,03 Kg; semana 5, 1,11 ± 0,03 Kg).

Lo reportado en vacas multíparas grupo 1OD durante la semana de reducción (primera semana posparto) produjeron menos (0,87 kg/día) que la vacas grupo 2OD (1.14 kg/día) (Loiselle et al., 2009). En otro trabajo, en primíparas la proteína total durante el

periodo de evaluación sobre toda la lactancia (8 semanas posparto) fue menor en el grupo un ordeño (186.1 kg) que en el grupo 2 ordeños (210.7 kg) (Capelesso et al.,2019). La menor producción de kilogramos de proteína en los tratamientos 1OD en la semana de reducción responde principalmente a la disminución del volumen de leche producido, más que a cambios en la concentración, lo que se ajusta a lo reportado además por Phyn (2014).

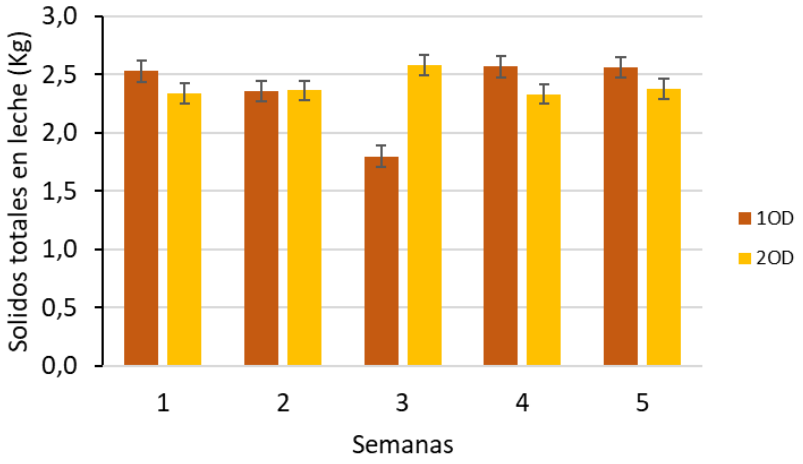



Fuente: Elaboración propia a partir de resultados en Excel.

**Figura 12:** Kilogramos de proteína en leche en los grupos 1OD (Rojo) y 2OD (Amarillo), en las dos semanas antes (semana 1 y 2) a la reducción de la frecuencia de ordeño, la semana de la reducción (semana 3) y las dos semanas posteriores (semana 4 y 5).

### *6.2.6 Kilogramos Totales*

Dentro de los kilogramos totales en la composición media semanal de leche se encontraron diferencias en paridad (p valor <0,0001, Figura 13), el periodo (p valor 0,0008, Figura 13) y en la interacción de grupo*periodo (p valor <0,0001, Figura 13), como se muestra a continuación.




Fuente: Elaboración propia a partir de resultados en Excel.

**Figura 13:** Kilogramos de solidos totales en leche en los grupos 1OD (Rojo) y 2OD (Amarillo), en las dos semanas antes (semana 1 y 2) a la reducción de la frecuencia de ordeño, la semana de la reducción (semana 3) y las dos semanas posteriores (semana 4 y 5).

Durante la semana de reducción en el grupo 1OD los kilogramos totales fueron de 1,80 ± 0,09 kg y en el grupo 2OD fue de 2,58 ± 0,09 kg.

Durante todo el periodo los kilogramos totales fueron mayores en vacas multíparas (2,56 ± 0,05 Kg) que en vacas primíparas (2,21 ± 0,06 Kg).

Los kilogramos totales en la semana de reducción (2,19 ± 0,06 Kg) fueron menores respecto a la semana uno (2,43 ± 0,06 Kg), cuatro (2,45 ± 0,06 Kg) y cinco (2,47 ± 0,06 Kg) mientras que no se encontraron diferencias entre la semana de reducción y la semana dos (2,36 ± 0,06 Kg).

En el estudio de multíparas (lactancia hasta la semana 32), el grupo 1OD (669 kg totales) mostró una pérdida de 81 kg de sólidos totales en comparación con el grupo 2OD (750 kg totales) (Phyn, 2014). En el trabajo realizado sobre primíparas (lactancia de 43 semanas), la reducción inicial de 8 semanas al grupo 1OD (659.9 kg totales) resultó en una pérdida de 77.2 kg de sólidos totales al final de la lactancia sobre el grupo 2OD (737.1 kg totales) (Capelesso et al.,2019). En el trabajo de Phyn la reducción fue realizada entre la tercer a sexta semana posparto.

### 6.3 Salud de la glándula mamaria

#### *6.3.1 Mastitis clínica*

En el grupo 1OD se encontraron tres vacas enfermas con mastitis clínica luego del periodo de reducción, mientras que en el grupo 2OD se encontró solo un animal (Cuadro 3).

Todos los casos de mastitis clínica encontrados presentaron una sintomatología leve, solo con alteración en leche.

**Cuadro 3:** Vacas enfermas con mastitis clínica durante todo el periodo experimental en vacas del grupo 1OD y 2OD, expresado sobre el total de vacas, en primíparas y multíparas.

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados en Excel.

| | Vacas enfermas | | Vacas multíparas enfermas | | Vacas primíparas enfermas | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Grupo** | **N** | **%** | **N** | **%** | **N** | **%** |
| **1OD** | **6** | **25** | **5** | **33** | **1** | **10** |
| **2OD** | **5** | **20** | **3** | **20** | **2** | **22** |
| **TOTAL** | **11** | **22** | **8** | **27** | **3** | **16** |

Se encontraron similares porcentajes de vacas enfermas en ambos grupos, en el grupo 1OD el porcentaje de vacas enfermas fue mayor en multíparas, sin embargo, en el grupo 2OD fue similar entre paridades (Cuadro 3).

En el trabajo de Loiselle et al.,(2009) se presentaron ocho casos de mastitis clínicas, donde tres pertenecientes al grupo con un ordeño y cinco pertenecientes al grupo con dos ordeños, este dato fue de todo el periodo experimental (cinco semanas antes del parto y catorce semanas posparto).

#### *6.3.2 Mastitis subclínica*

Con respecto a la mastitis subclínica en leche se encontró interacción entre grupo*periodo (p valor = 0.02).

En cuanto al grupo 1OD el porcentaje de vacas enfermas durante la reducción (semana 3, (18,1 ± 0.56%), la semana dos (21.6 ± 0.58%) y la semana cuatro (16.3 ±

0.58 %) no se encontró diferente, sin embargo, en la semana uno (23.5 ± 0.51%) a la reducción se encontró mayor probabilidad a enfermarse, y en la semana cinco (9 ± 0.71%) a la reducción menor probabilidad.

Con respecto al grupo 2OD el porcentaje de vacas enfermas en el periodo de reducción (13.1 ± 0.59 %) fue menor que a la semana uno (29 ± 0.45 %) y semana dos (19.8 ± 0.49 %), pero mayor a la semana cuatro (5.4 ± 0.9 %) y semana cinco (2.2 ± 1.52%).

En el trabajo de Capelesso (2019) no se reporta casos clínicos específicos de mastitis en su experimento, pero menciona que el Recuento de Células Somáticas (RCS) fue mayor en las vacas de un ordeño. Sin embargo, aclara que este aumento en el RCS probablemente se debió a un efecto de concentración por el menor volumen de leche y no necesariamente a una infección. El periodo del reporte de datos de este trabajo fue de 8 semanas posparto

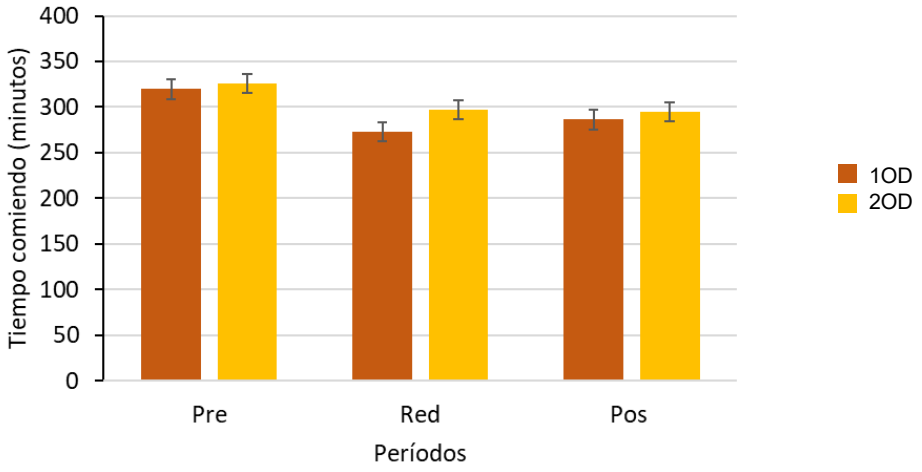
### 6.4 Comportamiento

Dentro del tiempo comiendo se encontraron diferencias en paridad (p valor =0,02, Figura 14), periodo (p valor < 0,0001, Figura 14) e interacción grupo*periodo (p valor =0,03, Figura 14).

Respecto a la paridad las vacas multíparas (316,0 ± 8,9 minutos) estuvieron mayor tiempo comiendo que las primíparas (283,3 ± 11,2 minutos).

En cuanto al periodo, todas las vacas la semana previa (322,8 ± 7,7 minutos) a la reducción estuvieron más tiempo comiendo que en la semana de reducción (285,4 ± 7,6 minutos) y la semana posterior (290,9 ± 7,8 minutos).

En la interacción grupo*periodo, se encontraron diferencias entre grupos, solo durante la semana de reducción.




Fuente: Elaboración propia a partir de resultados en Excel.

**Figura 14:** Comportamiento (tiempo comiendo) en los grupos 1OD (Rojo) y 2OD (Amarillo), en la semana previa a la reducción (Pre), en la semana de la reducción (Red) y una semana posterior (Pos).

Con respecto al tiempo que las vacas pasaron inactivas, se encontraron diferencias dentro de los grupos (p valor= 0,02) y periodos (p valor < 0,0001).

Dentro de los grupos, las vacas del 1OD (570,1 ± 20,6 minutos) estuvieron menos tiempo inactivas que las del 2OD (636,4 ± 19,8 minutos).

En cuanto al periodo, todas las vacas la semana previa (569,8 ± 15,3 minutos) a la reducción estuvieron menos tiempo inactivas que en la semana de reducción (615,1 ± 15,1 minutos) y la semana posterior (624,8 ± 15,2 minutos).

Dentro del tiempo que las vacas estuvieron rumiando, se encontraron diferencias dentro de los grupos (p valor = 0,007) y periodos (p valor < 0,0001).

Con respecto a los grupos, las vacas del 1OD (460.83 ± 18,5 minutos) rumiaron mayor tiempo que las del 2OD (390,0 ± 17,9 minutos). En cuanto al periodo, todos los animales previos (435,4 ± 13,6 minutos) y durante la semana de reducción (432 ± 13,5 minutos), se encontraron mayor tiempo rumiando que la semana posterior (408,9 ± 13,6 minutos). Además, con respecto a la rumia no se encontraron efectos tanto en paridad como en grupos

En el trabajo de Roy Andrade (2016) donde la reducción de la frecuencia de ordeño fue durante lactancia media (149,5 ± 31.3 días de lactancia). No se observaron diferencias significativas en el tiempo destinado a la alimentación entre vacas con un

ordeño (220.1 min/d en primíparas y 226.0 min/d en multíparas) y aquellas con dos ordeños (221.6 min/d en primíparas y 227.6 min/d en multíparas), tanto entre tratamientos como entre paridades.

## 7 DIAGRAMA DE GANTT

| MESES | Abr-25 | | May-25 | | | | Jun-25 | | | | Jul-25 | | | | Ago-25 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SEMANA | | SEMANA | | | | SEMANA | | | | SEMANA | | | | SEMANA | |
| ACTIVIDADES | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 |
| Ordeño | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cambio de lote | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Recorrida de pasturas | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reducción de frecuencia de ordeño | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Control lecehro | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aspiración folicular | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Biopsia Uterina | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sangrado | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Análisis primario de sangre | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La escritura del proyecto transcurrió durante el periodo experimental y la fecha de la defensa del trabajo.

## 8 CONCLUSIONES

Se puede concluir a partir de los resultados obtenidos de este trabajo, que la reducción de la frecuencia de ordeño si bien presento un descenso en la producción en la semana de reducción (33-35%), posteriormente la producción de las vacas se retomó con normalidad, lo que tiene mucha concordancia con lo reportado en otros trabajos. Con respecto a la composición se presentaron incrementos en porcentaje de grasa, lo cual puede ser explicado por la concentración asociada a una menor producción total de leche, mientras que en él % de proteína y lactosa no presento cambios relevantes.

Con respecto a la sanidad de la glándula mamaria, se puede concluir que no hubo efectos sobre la misma en la semana de reducción de la frecuencia de ordeño. El leve aumento en células somáticas se puede atribuir a un efecto de concentración más que a un aumento real de casos subclínicos.

En relación al comportamiento animal, la reducción de la frecuencia de ordeño presento efectos significativos durante el periodo de reducción, evidenciando cambios en los patrones de actividad de las vacas. Estos cambios se pueden asociar con la alteración

en la rutina de ordeño. Al igual que en producción el comportamiento animal retomo con normalidad posterior a la reducción.

Con todos los resultados que dejo este trabajo, se puede concluir que la reducción temporal de la frecuencia de ordeño posterior al periodo de espera voluntario, puede ser incorporada al sistema como una alternativa de manejo ante situaciones climatológicas o de baja disponibilidad de pasturas, permitiendo una disminución temporal en la producción en el periodo de reducción, sin comprometer la producción ni la salud de la glándula mamaria, posteriormente. La implementación de este sistema debe llevarse a cabo con un adecuado manejo del rodeo y monitoreo tanto de los indicadores productivos como sanitarios y comportamiento.

## 9 ANÁLISIS FODA

| Fortalezas | Oportunidades |
|---|---|
| • Contribuye en una mejor organización del trabajo<br>• Reduce la mano de obra al tratarse de un ordeño diario<br>• Se puede aplicar sin tener efectos posteriores a la reducción temporal | • Es aplicable en periodos estratégicos del ciclo productivo<br>• Reducción en costos operativos |
| **Debilidades** | **Amenazas** |
| • Disminución de la producción diaria de leche durante el periodo de reducción<br>• Posible variabilidad de respuestas entre paridades | • Resistencia de productores a cambiar la forma tradicional de manejo de la frecuencia de ordeño<br>• Aumento del riesgo de mastitis en casos de sistemas con deficiencias de higiene. |

## 10 BIBLIOGRAFÍA

1. Amorim Franchi, G., Larsen, M. L., Herskin, M. S., Foldager, L., Larsen, M., & Jensen, M. B. (2022). Effects of changes in diet energy density and milking frequency and a single

injection of cabergoline at dry-off on feeding behavior and rumination time in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. Advance online publication. https://doi.org/10.3168/jds.2022-22163

2. Banco Mundial. (2011). *Module 4: Smallholder dairy production*. Agriculture Investment Sourcebook. http://go.worldbank.org/LE880YAAH0
3. Barkema, H. W., Schukken, Y. H., & Zadoks, R. N. (2006). Invited review: The role of cow, pathogen, and treatment regimen in the therapeutic success of bovine mastitis treatment. *Journal of Dairy Science, 89*(6), 1877–1895. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72256-1
4. Blowey, R., & Edmondson, P. (1995). *Control de la mastitis en granjas de vacuno de leche*. Acribia.
5. BouMatic. (s. f.). *BouMatic RealTime Activity*. Recuperado el 12 de agosto de 2025, de https://boumatic.com/us_es/productos/gemini-up-2/boumatic-realtime-activity-2-2/
6. Bradley, A. J. (2002). Bovine mastitis: An evolving disease. *The Veterinary Journal, 164*(2), 116–128. https://doi.org/10.1053/tvjl.2002.0724
7. Butler, W. R. (2003). Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livestock Production Science, 83*(2–3), 211–218. https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00112-X
8. Capelesso, A., Kozloski, G., Mendoza, A., Pla, M., Repetto, J. L., & Cajarville, C. (2019). Reducing milking frequency in early lactation improved the energy status but reduced milk yield during the whole lactation of primiparous Holstein cows consuming a total mixed ration and pasture. Journal of Dairy Science, 102(10), 8919–8930. https://doi.org/10.3168/jds.2019-16629
9. Cheng, J., Dong, X., Chang, C., Guo, Y., & Xu, L. (2024). Food labeling and Chinese consumer preference for naturalness: A new way to differentiate grass-fed dairy products. *Journal of Dairy Science*. Advance online publication. https://doi.org/10.3168/jds.2024-24660
10. Chilibroste, P. (2021). A major challenge for the Uruguayan dairy industry: Sustainable growth. *Agrociencia Uruguay, 25*(2), e970. https://doi.org/10.31285/AGRO.25.970
11. Chilibroste, P., & Fariña, S. R. (2024). Avances recientes en sistemas de producción de leche basados en pasturas en Uruguay. *Agrociencia Uruguay, 28*(NE1), 1–16. https://doi.org/10.31285/AGRO.28.2317

12. Clark, D. A., Phyn, C. V. C., Tong, M. J., Collis, S. J., & Dalley, D. E. (2006). A systems comparison of once- versus twice-daily milking of pastured dairy cows. *Journal of Dairy Science, 89*(5), 1854–1862. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72254-8
13. Andrade, R., Caro, Z. E., & Porras, J. L. (2016). Effect of the frequency of milking in the production and performance of lactating dairy cows.
14. Davis, S., McNaughton, L., Bracefield, G., Sanders, K., & Spelman, R. (2006). Variation in milk yield response to once-daily milking in Friesian-Jersey crossbred cattle. Journal of Dairy Science, 89(Suppl. 1), 146–147.
15. Duffield, T. F., Lissemore, K. D., McBride, B. W., & Leslie, K. E. (2009). Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production. *Journal of Dairy Science, 92*(2), 571–580. https://doi.org/10.3168/jds.2008-1507
16. Edwards, J. P., & Jago, J. G. (2009). Milking once a day. En A. J. Geenty (Ed.), *Once-a-day milking: Managing the people, the cows and the system* (pp. 15–25). Dexcel Limited.
17. Engormix. (2023). *Guía para el ordeño y post-ordeño*. https://www.engormix.com/lecheria/calidad-leche/guia-ordeno-post-ordeno_a55284
18. FAO. (2014). *Milk quality and mastitis*. http://www.fao.org/3/i3910e/i3910e.pdf
19. FAO. (2020). *Milk composition and quality*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org
20. Farinango, A. H. (2015). *Prevalencia de mastitis bovina mediante la prueba de California mastitis test con identificación del agente etiológico...* [Tesis de grado]. http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9826
21. Faye, B., & Konuspayeva, G. (2012). The sustainability challenge to the dairy sector: The growing importance of non-cattle milk production worldwide. *International Dairy Journal, 24*(2), 50–56.
22. Fricke, P. M., Carvalho, P. D., Martins, J. P. N., & Melo, L. F. (2014). Estrous detection and timing of insemination for reproductive efficiency in dairy cows. *Animal, 8*(S1), 131–137. https://doi.org/10.1017/S1751731114000860
23. Glauber, C. E. (s. f.). *Fisiología de la lactación en la vaca lechera*.
24. Grummer, R. R., Mashek, D. G., & Hayirli, A. (2010). Dry matter intake and energy balance in the transition period. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 26*(2), 447–470. https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2010.04.013
25. Halasa, T., Huijps, K., Østerås, O., & Hogeveen, H. (2007). Economic effects of bovine mastitis and mastitis management: A review. *Veterinary Quarterly, 29*(1), 18–31. https://doi.org/10.1080/01652176.2007.9695224

26. Harmon, R. J. (1994). Physiology of mastitis and factors affecting somatic cell counts. *Journal of Dairy Science, 77*(7), 2103–2112. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77153-8
27. Heck, J. M. L., van Valenberg, H. J. F., Dijkstra, J., & van Hooijdonk, A. C. M. (2009). Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition. *Journal of Dairy Science, 92*(10), 4745–4755. https://doi.org/10.3168/jds.2009-2146
28. Hogan, J. S., & Smith, K. L. (1999). *Environmental streptococcal mastitis: Facts, prevention and treatment*. The Ohio State University Extension.
29. Instituto Nacional de la Leche. (2022). *Composición físico-química de la leche cruda remitida en Uruguay*. https://www.inale.org
30. Lehmann, J. O., Kristensen, T., & Mogensen, L. (2023). Reducing milking frequency from 3 to 2 times daily in early lactation: Effects on milk production, health and body condition. *Journal of Dairy Research, 90*(1), 47–53. https://doi.org/10.1017/S0022029923000031
31. Leroy, J. L., Vanholder, T., Van Knegsel, A. T., Garcia-Ispierto, I., & Bols, P. E. (2008). Nutrient prioritization in dairy cows early postpartum: Mismatch between metabolism and fertility? *Reproduction in Domestic Animals, 43*(S2), 96–103. https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01148.x
32. Loiselle, M. C., Ster, C., Talbot, B. G., Zhao, X., Wagner, G. F., & Lacasse, P. (2009). Impact of postpartum milking frequency on the immune system and the blood-milk barrier of dairy cows. Journal of Dairy Science, 92(5), 1906–1917.
33. McArt, J. A., Nydam, D. V., & Oetzel, G. R. (2013). Epidemiology of subclinical ketosis in early lactation dairy cattle. *Journal of Dairy Science, 96*(5), 2925–2938. https://doi.org/10.3168/jds.2012-6033
34. Menegazzi, G., Mendina, G. R., Grille, L., Méndez, M. N., Pons, V., Pedemonte, A., Adrien, M. L., Meikle, A., Gerrits, W. J. J., Dijkstra, J., & Chilibroste, P. (2025). Performance of autumn- and spring-calving Holstein dairy cows confined indoors or managed with pasture and supplementation under various housing conditions. *Journal of Dairy Science, 108*(7), 7179–7201. https://doi.org/10.3168/jds.2024-26084
35. National Mastitis Council. (2020a). *Laboratory handbook on bovine mastitis* (3rd ed.).
36. National Mastitis Council. (2020b). *Procedures for evaluating somatic cell counts*.
37. Nickerson, S. C. (1985). Immune mechanisms of the bovine udder: An overview. *Journal of the American Veterinary Medical Association, 187*(1), 41–45.
38. Nickerson, S., & Akers, R. (2011). Mammary gland. En *Encyclopedia of dairy sciences* (pp. 328–337). https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00290-9

39. Ohnstad, I., Hemingway, R. G., & Williamson, N. B. (2006). Effect of once-daily milking in a commercial dairy herd. *Veterinary Record, 158*(6), 193–197. https://doi.org/10.1136/vr.158.6.193
40. Oliver, S. P., Murinda, S. E., & Jayarao, B. M. (2005). Impact of antibiotic use in adult dairy cows on antimicrobial resistance of veterinary and human pathogens: A comprehensive review. *Foodborne Pathogens and Disease, 2*(2), 115–135. https://doi.org/10.1089/fpd.2005.2.115
41. Owen, E., Kitalyi, A., Jayasuriya, N., & Smith, T. (2005). *Livestock and wealth creation: Improving the husbandry of animals kept by resource-poor people in developing countries*. Nottingham University Press.
42. Park, Y. W., & Haenlein, G. F. W. (Eds.). (2006). *Handbook of milk of non-bovine mammals*. Blackwell Publishing.
43. Philpot, W. N. (2001). *Importancia de la cuenta de células somáticas y los factores que la afectan*.
44. Phyn, C. V. C., Kay, J. K., Rius, A. G., Morgan, S. R., Roach, C. G., Grala, T. M., & Roche, J. R. (2014). Temporary alterations to postpartum milking frequency affect whole-lactation milk production and the energy status of pasture-grazed dairy cows. Journal of Dairy Science, 97(11), 6850–6868. https://doi.org/10.3168/jds.2013-7836.
45. Radostits, O. M., Gay, C. C., Hinchcliff, K. W., & Constable, P. D. (2007). *Veterinary medicine: A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats* (10th ed.). Saunders Elsevier.
46. Rémond, B., Pomiès, D., Dupont, D., & Chilliard, Y. (2004). Once-daily milking of dairy cows: Relationships between milk production, nutritional status and reproductive function. *Animal Research, 53*(3), 201–212. https://doi.org/10.1051/animres:2004012
47. Roche, J. R., Friggens, N. C., Kay, J. K., Fisher, M. W., Stafford, K. J., & Berry, D. P. (2009). Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *Journal of Dairy Science, 92*(12), 5769–5801. https://doi.org/10.3168/jds.2009-2431
48. Román, M., et al. (2022). Different conditions during confinement in pasture-based systems affect the fatty acid profile of milk and cheese. *Animals, 13*(8), 1426. https://doi.org/10.3390/ani13081426
49. Ruegg, P. L. (2017). A 100-year review: Mastitis detection, management, and prevention. *Journal of Dairy Science, 100*(12), 10381–10397. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13023
50. Schalm, O. W., Carroll, E. J., & Jain, N. C. (1971). *Bovine mastitis*. Lea & Febiger.

51. Schalm, O. W., & Noorlander, D. O. (1957). Experiments and observations leading to development of the California Mastitis Test. *Journal of the American Veterinary Medical Association, 130*(5), 199–204.
52. Seegers, H., Fourichon, C., & Beaudeau, F. (2003). Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. *Veterinary Research, 34*(5), 475–491. https://doi.org/10.1051/vetres:2003027
53. Stangaferro, M. L., Wijma, R., Caixeta, L. S., Al-Abri, M. A., & Giordano, J. O. (2016). Use of rumination and activity monitoring for the identification of dairy cows with health disorders: Part I. Metabolic and digestive disorders. *Journal of Dairy Science, 99*(9), 7395–7410. https://doi.org/10.3168/jds.2016-10907
54. Stelwagen, K., Phyn, C. V. C., Davis, S. R., Guinard-Flament, J., Pomiès, D., Roche, J. R., & Kay, J. K. (2013). Invited review: Reduced milking frequency: Milk production and management implications. Journal of Dairy Science, 96(6), 3401–3413. https://doi.org/10.3168/jds.2012-6074.
55. Tucker, C. B., Dalley, D. E., & Webster, J. R. (2009). Effects of milking frequency and feeding level on behavior and productivity of dairy cows. *Journal of Dairy Science, 92*(1), 197–206. https://doi.org/10.3168/jds.2008-1411
56. Uruguay Lechero. (2025, mayo 23). Instituto Nacional de la Leche. https://www.inale.org/uruguay-lechero/
57. Wall, E. H., Doane, R. M., Donkin, S. S., Bravo, D. M., & Piantoni, P. (2010). Local regulation of mammary cell proliferation and apoptosis by frequency of milk removal in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science, 93*(7), 2773–2780. https://doi.org/10.3168/jds.2009-2919
58. Walsh, S. W., Williams, E. J., & Evans, A. C. (2007). A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. *Animal Reproduction Science, 123*(3–4), 127–138. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.12.001
59. Walstra, P., Wouters, J. T. M., & Geurts, T. J. (2006). *Dairy science and technology*. CRC Press.
60. Wolter, W., & Kloppert, B. (2004). *Interpretación de los resultados del conteo celular y de la aplicación de la terapia*.